N° 6 31 MARS 1932

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : Louis OLIVIER (1890-1910) — DIRECTEUR : J.-P. LANGLOIS (1910-1923(

DIRECTEUR : Louis MANGIN, Membre de l'Institut, Directeur honoraire du Muséum national d'Histoire naturelle

CHRONIQUE ET CORRESPONDANCE

§ 1. — Sciences physiques.

L'explication du brouillard meurtrier de la Meuse.

Nos lecteurs n'ont pas oublié l'émoi que produisit, au début de décembre 1930, le brouillard mortel de la région de Liége. Rappelons brièvement les faits.

Dans la vallée de la Meuse, à Engis, en particulier, un brouillard extraordinaire se présenta. Le phénomène n'était pas, à la vérité, exceptionnel, mais son intensité sortait du commun. Et ce qui inquiéta fort naturellement, c'est qu'il se révéla meurtrier. Beaucoup de personnes furent prises de symptômes pulmonaires graves, et en quelques jours il y eut plus de 60 décès. A noter que les animaux aussi étaient atteints : plusieurs vaches, dans les champs, périrent ou durent être abattues.

On se demanda tout naturellement, s'il y avait une corrélation entre le brouillard exceptionnellement intense et cette mortalité rapide et abondante. Mais il y a beaucoup de choses dans le brouillard, surtout celui d'une région très industrielle : quel pouvait bien être l'élément nuisible, et exceptionnel, dans celui des premiers jours de décembre, expliquant une mortalité que l'on n'avait jamais observée? Le premier mouvement fut d'incriminer les émanations des usines à zinc. Mais celles-ci chômaient depuis plusieurs jours : il fallait chercher autre chose.

Certains déclaraient que le brouillard, à lui seul et sans le supposer chargé d'éléments délétères, suffisait à expliquer les accidents. D'autres se demandèrent si des gaz asphyxiants — de provenance indécise — ne se seraient pas échappés de quelque usine, par accident. Ou encore si quelque accident s'étant produit dans une usine qui ne s'en vantait pas, n'avait pas libéré des émanations toxiques. Un Américain tranchant de haut et de loin assurait que le brouillard meurtrier tuait parce que devant contenir du sable du Sahara entraîné par une tempête s'étant produite fin novembre au Maroc — d'où la pluie de boue observée en Espagne et en France du nord aussi le 28 novembre. Mais pourquoi ces parcelles du sol africain auraient-elles été nocives? Choc anaphylactique par fragments de tourteaux de ricin employés comme engrais? Mais on n'utilise guère d'engrais au Sahara... Ou bien microbes africains mêlés à la poussière? Un médecin parla d'une « peste noire »; un autre d'une intoxication par l'oxyde de carbone; bref, les hypothèses les plus variées furent présentées avec une égale confiance.

Le gouvernement belge ne pouvait manquer de provoquer une enquête au sujet du brouillard meurtrier; une commission se réunit, et travailla, et voici qu'a paru la conclusion à laquelle elle est arrivée.

Cette conclusion, déjà, plusieurs l'avaient tirée; ils soupçonnaient des accidents dus à l'acide sulfureux : acide provenant de la combustion de la houille, et se transformant en acide sulfurique, caustique énergique expliquant divers symptômes présentés par les victimes. L'acide sulfureux lui-même est un produit de la combustion de la houille : le noyau de chaque cellule végétale contient du soufre qui en s'oxydant devient acide sulfureux.

Ce fut l'opinion de J.-S. Haldane, le chimiste an-

glais bien connu; ce fut celle du Hollandais Van Leeuwen de Leyde, celle encore que le Belge Félix Bertyn présenta à l'Académie des Sciences. Et c'est celle de la Commission Berryer, instituée par M. Jaspar, alors premier ministre, commission composée de MM. Berryer, ministre d'Etat, Nolf, ancien ministre des Sciences et des Arts, Malvoz, professeur à l'Université de Liége, Boudart, directeur de *l'Union chimique*, Cattoir, directeur général au Ministère de l'Intérieur et de l'Hygiène, Arendt, ingénieur chimiste, et Boudas.

Le coupable, dans le brouillard meurtrier de la vallée de la Meuse, paraît bien être l'acide sulfureux. Evidemment toutefois cette conclusion serait sérieusement renforcée si l'on avait songé immédiatement à capter un certain volume du brouillard pour l'analyser, soit dit en passant.

Cet acide sulfureux, provenant de la combustion de la houille comme il a été dit plus haut, se transforme au contact de l'oxygène de l'air, en présence des gouttelettes de l'eau du brouillard, en acide sulfurique, produit très irritant et caustique, expliquant d'ailleurs fort bien les accidents constatés et les conditions où ont péri les victimes.

Mais, dira-t-on, de tous temps la houille a donné de l'acide sulfureux. Assurément. Et il faut, pour que le drame ait eu lieu, que des conditions météorologiques spéciales, inusitées, se soient produites. Il a fallu, dit le rapport, des circonstances atmosphériques particulières transformant la vallée en une sorte de vase clos dans lequel on a constaté des pollutions locales résultant de l'entassement sur les bords de la Meuse, d'innombrables usines et maisons. Et la circonstance capitale a été l'absence de vent, de ventilation. En temps normal le vent éparpille et disperse, en le diluant, l'air contaminé. Lors du brouillard meurtrier, le vent faisait défaut, et l'air devenait de plus en plus toxique. Comment empêcher la reproduction de pareille aventure? Evidemment il est besoin de limiter la multiplication des usines, et de leur imposer des règles judicieuses relativement au choix des combustibles, à la conduite et à l'aménagement des foyers, au dépoussiérage des fumées, à la récupération de certains produits de la combustion. L'administration de l'Hygiène n'intervient pas assez dans la surveillance des usines au point de vue de la salubrité. Il est même question en certaines localités où la mortalité s'est beaucoup accrue depuis 10 ans, d'ordonner la fermeture de certains établissements. En outre il a été décidé que les bourgmestres, les jours de brouillard, feront ralentir le travail des usines, et que les stations météorologiques, par circonstances atmosphériques défavorables, avertiront le public âgé et délicat de l'avantage qu'il trouvera à rester au logis pendant que se maintiennent ces conditions. Au reste l'œuvre de la commission paraît devoir être prolongée par un comité spécialement chargé d'étudier le problème de la protection de la population contre les émanations des usines, en même temps qu'un autre s'occupera des mesures à prendre pour diminuer la nocivité de celles-ci. Un double effort s'impose en effet.

A propos de la présence d'acide sulfurique dans l'air, ayant l'origine qui a été indiquée, il convient de rappeler une récente évaluation d'un spécialiste ès combustibles anglais, E.-F. Armtrong. D'après celui-ci les trois quarts du soufre de la houille se transforment en acide sulfurique, même avant d'avoir quitté la cheminée. C'est donc par millions de tonnes que chaque année est déversé cet acide dans l'atmosphère. On comprend que les édifices se dégradent, et qu'à l'occasion, les hommes et les bêtes périssent, quand les circonstances météorologiques ne sont pas favorables au brassage de l'atmosphère.

Henry DE VARIGNY.

§ 2. — Sciences naturelles.

La forêt boréale de conifères.

Au moment où de si grands efforts sont faits pour constituer une vaste forêt de conifères dans le massif central, principalement sur le plateau de Millevaches, il n'est pas inutile de recenser ce qui existe dans les pays du nord.

La forêt boréale de conifères, restée intacte sur d'immenses espaces, s'étend, ininterrompue, des Carpathes à l'Alaska et couvre aussi le Canada et une partie de la Suède et de la Norvège; sa largeur moyenne peut être évaluée à 2.000 kilomètres. Sauf exceptions, elle couvre un sol plat, parfois morainique. Cette circonstance donne lieu souvent à de précieuses chutes d'eau. Les arbres croissent lentement, sous l'influence des longues journées d'été, mais régulièrement, de sorte que le bois est régulier, résistant, sans nœuds. L'exploitation ne s'attaque qu'aux régions facilement accessibles.

La forêt de l'Eurasie fournit l'Europe occidentale; la Norvège, puis la Suède, ont pris le premier rang dans l'exportation; la Finlande progresse rapidement; la Russie est en régression : sa part est tombée de 20 % avant la guerre, à 10 % actuellement du commerce mondial; la Sibérie est encore très peu exploitée; les Etats-Unis ne donnent plus que 2 %, mais leurs journaux, consommateurs effroyables, trouvent dans l'Alaska le bois qui leur est nécessaire. Ils sont en effet insatiables : les Etats-Unis consomment les deux cinquièmes de la production totale du monde.

Aux Etats-Unis et au Canada, les ouvriers agricoles de l'été se transforment l'hiver en bûcherons; au Canada, ils sont aidés par des ouvriers venus de la ville. Grâce à l'enneigement, les bois sont convoyés en traîneau; le gel permet de leur faire franchir les fondrières et les tourbières.

Au printemps commence, en tous pays, le flottage. Il est particulièrement aisé en Suède, où le réseau fluvial de 31.000 km. est si dense que le transport moyen en traîneau de la coupe à la rivière n'excède pas 5 km. Des conditions analogues se trouvent, au Canada, en Nouvelle-Angleterre et dans la province de Québec. La Russie projette une voie ferrée, à 300 km. au nord du Transsibérien, qui atteindrait la forêt, bien éloignée du chemin de fer actuel.

Malgré une demande sans cesse croissante du bois de mine, cette industrie est dépassée de loin par celle de la pâte à papier : l'exportation canadienne, nulle en 1890, atteignait 115 millions de dollars en 1922. Les trois quarts des journaux des Etats-Unis sont faits avec du bois du Canada; les Etats-Unis absorbent en plus la moitié du bois produit par la Suède. La Norvège, riche en chutes d'eau qui favorisent l'industrie, exporte presque exclusivement du papier et de la pâte; la Russie, qui achète du papier, exporte uniquement du bois; la Finlande exporte plus de bois que de pâte; le Canada et la Suède, plus de papier que de bois. La Pologne est fort riche en conifères, mais le voisinage de la Russie lui est une gêne considérable. Matière encombrante, le bois s'exporte le moins possible à l'état brut : il est soit transformé en pâte, soit façonné dans les scieries; par l'emploi de plus en plus répandu de la vapeur, elles s'installent de préférence aux embouchures des fleuves, qui amènent le bois flotté, aux quais mêmes d'embarquement.

B. M.

§ 3. — Art de l'Ingénieur.

Les règles d'emploi des bois dans la construction.

Dans la plupart des pays, et c'est le cas notamment pour la France, l'emploi du fer et du ciment armé dans les constructions est régi par des règlements officiels, contenus dans des circulaires ministérielles, des cahiers des charges et des documents divers : ces règlements doivent servir de base à tous les calculs de résistance des matériaux ou de stabilité des constructions.

L'emploi du bois n'est, au contraire, que rarement soumis à des prescriptions précises, et, c'est là une lacune qu'il y aurait lieu de combler presque partout; la création de règles officielles ne peut d'ailleurs être que profitable à la construction en bois, ces règles pouvant être opposées à ceux qui refusent de placer le bois dans les matériaux de charpentes modernes.

C'est ainsi d'ailleurs que la question a été comprise dans deux pays où les constructions en bois ont trouvé de nombreuses applications, notamment depuis la guerre : la Suisse et l'Allemagne.

Dès 1924, la Société Suisse des Ingénieurs et des Architectes, entreprenait l'élaboration de prescriptions relatives à l'établissement des constructions en bois, prescriptions qui furent mises au point et publiées fin 1926. Elles s'appliquent aux ponts, échafaudages et cintres pour ponts, ouvrages de travaux publics, aux bâtiments, etc. et indiquent les résistances et taux de travail à admettre pour le bois.

Vers la même époque, le Laboratoire d'essais des matériaux annexés à l'Ecole Polytechnique de Zurich, procéda à de nombreuses expériences dont les résultats furent consignés dans diverses brochures, consacrées aux règles générales de la construction en bois, à la construction des ponts et à celle des échafaudages et des grandes fermes en bois en Suisse.

En Allemagne, c'est l'administration des Chemins de fer de l'Etat allemand, qui a pris l'initiative d'une réglementation des constructions en bois et qui a publié en décembre 1926 une brochure intitulée : « Prescriptions provisoires pour les fermes en bois ».

On doit signaler que si à notre connaissance il n'existe encore aucune codification générale des règles de la construction en bois en France, la question n'a pas été perdue de vue dans notre pays, et que des recherches relatives à l'emploi rationnel de ce matériau ont été effectuées de divers côtés et notamment dans les laboratoires du Conservatoire des Arts et Métiers et dans ceux des services techniques de l'Aéronautique, mais ces recherches sont surtout relatives au contrôle des qualités physiques et mécaniques des bois plutôt qu'à leur emploi dans des constructions de génie civil.

Il est bien évident que le problème de la codification est beaucoup plus délicat dans le cas du bois que dans le cas de l'acier et du béton armé, la résistance des bois étant essentiellement variable avec les essences, le degré d'humidité, les conditions de climat, de sol et de croissance, et même les conditions d'abatage et de conservation. On a pu cependant déduire d'une expérimentation rationnelle des règles de sécurité fort utiles et les fatigues maxima admissibles pour des bois de qualité normale, dans le cas des charges fixes comme dans le cas des charges mobiles. C'est ainsi que le règlement des chemins de fer allemands admet pour les charges fixes les fatigues maxima suivantes :

	Chêne et hêtre en kg/cm2	Résineux en kg/cm2
Pression dans le sens fibres	100	80
Flexion.	110	90
Traction parallèle aux fibres	120	100
Pression perpendiculaire aux fibres	35 à 50	15 à 25
Cisaillement parallèle aux fibres..................	20	12

Avec des coefficients de majoration pour les charges mobiles, les chiffres admis en Suisse sont généralement plutôt inférieurs, mais restent du même ordre de grandeur.

L. P.

§ 4. — Géographie.

Mission scientifique de M. de Burthe d'Annelet en Afrique française.

Une longue mission scientifique à travers toute l'Afrique septentrionale vient d'être accomplie par M. le lieutenant-colonel de Burthe d'Annelet qui, débarqué à Douala, au Cameroun, le 13 octobre 1928, est revenu à Alger le 18 avril 1931, ayant fait bien des circuits dans toute la région parcourue. Déjà toute une partie de sa carrière s'était déroulée en Afrique. Il avait séjourné au Sahara de 1898 à 1900;

il avait parcouru, en 1901-1902, avec la mission du Bourg de Bozas, toute une partie de l'Abyssinie et des régions voisines; ayant été au Congo et au Tchad de 1904 à 1906, il fut blessé dans un combat; de 1922 à 1925, il fit de fortes explorations dans le Sud-Tunisien. Cette nouvelle exploration qui vient d'être accomplie par M. de Burthe d'Annelet peut compter parmi les plus considérables qu'il eut le mérite de faire.

Chargé de mission par le ministère des Colonies et le Muséum d'histoire naturelle, ce n'était pas une simple traversée de toute l'Afrique française du sud au nord qu'il devait faire, mais il avait à effectuer de très nombreux contours pour opérer toutes les recherches variées qui lui étaient demandées au cours de cette mission, recherches géographiques, économiques, ethnographiques, zoologiques, botaniques, minéralogiques; elle avait pour but de réunir de nombreux documents variés et de rapporter des collections diverses destinées au Muséum d'Histoire naturelle. M. de Burthe d'Annelet se proposait aussi d'étudier la maladie du sommeil qui a fait tant de ravages dans ces régions. Tout le programme du vaillant et érudit voyageur a été admirablement rempli.

De Douala, il se rendit à Yaoundé par la voie ferrée et il ne manqua pas de visiter Ayos, centre de prophylaxie de la maladie du sommeil, où se fait, sous la direction du médecin commandant Jamot, une œuvre méthodique qui a donné de grands résultats. De là M. de Burthe d'Annelet gagna Bangui où ne se trouvaient, en 1904, que quelques Européens vivant dans des cases faites en pisé sur des rochers et qui est aujourd'hui une ville bien construite qui compte plusieurs centaines d'Européens, ayant près d'eux quelques milliers d'indigènes plus agglomérés.

Le voyageur, remontant ensuite le Haut-Oubanghi en pirogue, atteignit Bambari d'où il se dirigea vers le nord, avec toute une troupe d'environ 150 individus, porteurs, ravitailleurs, chasseurs, en traversant une contrée complètement inhabitée, où il dut marcher à la boussole, en pleine brousse et à travers des marécages d'un accès très dangereux et souvent impossible. La région offrait cet intérêt, c'est qu'elle est remplie de nombreux animaux, intéressants à observer, éléphants, rhinocéros, hippopotames, buffles, lions, léopards, antilopes, girafes, chiens sauvages, hyènes, renards, lynx, et bien d'autres encore. Le pays est souvent traversé par des bandes de dissidents, et M. de Burthe d'Annelet en a deux fois rencontré avec lesquels il a fallu échanger des coups de fusil.

Visitant en route beaucoup de régions, l'explorateur gagna Fort-Archambault, sur le Chari, et continua sa route par le Bahr Salamat, puis contourna le lac Iro et, le 22 juin 1929, il arriva à Abéché, la capitale du Ouadaï, ville de 9.000 habitants, bien formée et dont le commerce est devenu important. Le Ouadaï est d'ailleurs un pays d'agriculture et d'élevage, qui est prospère et paraît appelé à recevoir encore plus de développement économique.

D'Abéché, M. de Burthe d'Annelet visita Ouara, ancienne capitale des Sultans ouadaïens, passa par Fada, qui est au pied du massif montagneux de l'Ennedi, et atteignit Faya, dans le Barkou. Cette dernière région est constituée par une immense dépression, jadis occupée par un réseau de lacs. Aussi l'eau est-elle à fleur de terre, et elle irrigue naturellement 250.000 palmiers environ. Le pays présente aussi de nombreuses salines. Il est intéressant de savoir qu'il vient, chaque année, 20.000 chameaux chargés de transporter le sel. De Faya, l'explorateur accomplit une très dure ascension, celle d'un volcan éteint, l'Emi-Koussi, qui atteint la hauteur de 3.415 mètres. Puis il parcourut le cratère long de 13 kilomètres et large de 9, qui est profond de 700 mètres au centre; il fit une marche à pied de 36 kilomètres.

De Faya, M. de Burthe d'Annelet passa ensuite au Tibesti qui, évacué en 1916, a été réoccupé en 1929. Puis il passa dans l'Afrique Occidentale Française, en atteignant Bilma par le désert du Ténéri, et il prit la direction de Zinder; il remonta sur Agadès où il fit une intéressante tournée dans les montagnes de l'Aïr. Il accomplit ensuite tout un long trajet dans la direction du sud-ouest pour gagner Niamey, sur le Niger; puis par Menaka et Kidal il atteignit le Sahara et l'Algérie. Il arriva à Alger le 18 avril 1931, en passant par Ouargla, Touggourt et Constantine.

Ce long voyage, qui a amené tant de difficultés et de fatigues, a été accompli avec une admirable ardeur par le courageux officier, et il a rendu des services très importants à la science par toutes les études diverses qui ont été faites et toutes les documentations rapportées. Il a fourni, sur toutes les régions traversées, de fortes précisions géographiques nouvelles.

En résumé, M. le lieutenant-colonel de Burthe d'Annelet a effectué tout un voyage considérable du golfe de Guinée à la Méditerranée, en faisant de très nombreux et longs zigzags, ce qui l'a amené à un trajet total de 25.000 kilomètres, opéré à chameau ou à cheval, et souvent à pied. Au cours de ce voyage qu'il a pu faire avec une si remarquable vigueur, il a pu réunir de très riches documents géographiques et scientifiques, et en même temps fortement appeler l'attention sur beaucoup de points importants intéressant notre développement politique et économique dans toute cette vaste étendue de notre domaine africain [1].

Gustave REGELSPERGER.

1. De nombreuses informations sur cette mission ont été données, notamment dans *L'Afrique Française*, années 1930 et 1931.

A PROPOS D'OBSERVATIONS RÉCENTES SUR LE MÉTAMORPHISME DANS LES CHAINES DE MONTAGNES

Mis en évidence depuis plus d'un siècle (Hutton, 1797), le terme lui-même ayant été créé en 1825 par Ch. Lyell, le métamorphisme demeure l'un des faits les plus mystérieux de toute la Géologie, et en même temps des plus importants dans son ampleur et ses conséquences.

On sait que le métamorphisme est la recristallisation, accompagnée ou non de modifications dans la composition chimique d'une série sédimentaire et des roches éruptives associées, recristallisation opérée soit au voisinage immédiat de nouvelles roches éruptives qui sont montées dans cette série, soit sur une échelle beaucoup plus vaste dans les zones orogéniques. Le premier phénomène s'appelle *métamorphisme de contact* et son développement qui est localisé s'explique assez bien, au moins en gros sinon dans toutes ses particularités, par les propriétés du magma éruptif et les conditions régnantes lors de l'éruption. Au contraire le métamorphisme dans les chaînes de montagnes transforme des séries entières de plusieurs milliers de mètres sans qu'on voie bien les agents du phénomène. C'est de celui-ci que nous nous occuperons dans les lignes suivantes. On l'a appelé: métamorphisme général, métamorphisme régional, dynamométamorphisme, Dislokationsmetamorphose, etc... Nous choisirons le nom de *métamorphisme général*, qui n'implique aucune hypothèse ou théorie. Ce nom indique seulement que la *généralité* des assises d'une série sédimentaire et des roches massives associées est affectée par la transformation.

Bien qu'ayant fait couler beaucoup d'encre, le métamorphisme général demeure cependant à l'ordre du jour. Il ne s'agit point ici d'en reprendre l'historique, mais de présenter quelques réflexions sur le sujet, suggérées par des études récentes dans les Alpes et dans les très vieilles chaînes de montagnes de la Finlande. Pour celles-ci, la très belle *Réunion internationale pour l'étude du Précambrien* à Helsingfors en 1931, dirigée par le professeur J. J. Sederholm et le docteur C. E. Wegmann, ainsi que par une pléiade de géologues et d'universitaires de Finlande, parmi lesquels nous citerons particulièrement MM. L. H. Borgström, P. Eskola, E. H. Kranck, A. Laitakari, E. Mikkola, etc..., nous a fourni de précieux enseignements.

Pour expliquer le métamorphisme, on a fait appel aux résultats de disciplines fort diverses, physicochimie, métallographie, mécanique des solides élastiques. De telles applications sont très incertaines à cause des hypothèses souvent peu justifiées et des approximations qu'elles impliquent. L'observation purement géologique de faits positifs est loin d'avoir dit son dernier mot sur le sujet, et c'est de là, à notre avis, que les progrès sont à attendre. Nous envisagerons la question surtout sous cet angle dans les trois paragraphes suivants :

I. Données fournies par le métamorphisme général alpin et discussion sommaire de quelques vues théoriques.

II. Données fournies par la granitisation des chaînes précambriennes.

III. Comparaisons et conclusions.

I. — DONNÉES FOURNIES PAR LE MÉTAMORPHISME GÉNÉRAL ALPIN

Les données géologiques du métamorphisme alpin sont de deux sortes, soit qu'on se place au point de vue de la situation des assises dans l'espace au cours de l'évolution de la chaîne, soit qu'on observe leur constitution intime. Nous verrons donc :

1° Aspects tectoniques;

2° Aspects pétrographiques.

1° *Aspects tectoniques.*

Le progrès de l'étude tectonique des nappes de charriage des Alpes aboutit à leur « déroulement », c'est-à-dire à la reconstitution de la position relative des éléments de la Chaîne avant qu'ils aient été enchevêtrés en des plis couchés superposés à grande translation horizontale. Il permet de voir clair dans une tectonique parcellaire, qui envisage un élément déterminé de la Chaîne. Il donne aussi des aperçus suggestifs quand on embrasse des ensembles complexes.

A. *Dans une tectonique parcellaire*, on distingue de mieux en mieux les plissements tardifs, somme toute accessoires, superposés à des imbrications ou à de puissants laminages d'assises connexes de la phase principale des charriages. On sait voir les déformations essentielles subies par les terrains et éliminer le reste, localiser les zones de broyage et les glissements de grande amplitude. Toutes essentielles et toutes vastes qu'elles soient, on constate que ces déformations accompagnées d'étirements et d'écrasements n'ont pas donné lieu à des recristallisations importantes

à leur voisinage, n'ont pas provoqué de métamorphisme. L'observation a été faite dès 1904 par Pierre Termier et les études plus récentes l'ont confirmée. Tout au plus une certaine marmorisation des calcaires et un certain durcissement des schistes s'observent.

De l'immense écrasement des granites de la Corse autochtone sous la nappe des Schistes lustrés, il n'est pas résulté des gneiss : ces granites mylonitiques sont toujours des granites. C'est un cas particulièrement frappant d'une règle générale dans les mylonites. Pourtant la déformation mylonitique est souvent d'une intensité étonnante. P. J. Holmquist cite dans un grès-quartzite mylonitique de Scandinavie un grain de quartz de 0,2 mm. dont les extrémités ont subi une torsion relative de 30°, et qui a été en même temps fissuré en de nombreuses fines lamelles!

L'inertie des zones mylonitiques pour le métamorphisme est remarquable si l'on songe à ses propriétés.

Le métamorphisme général a pour tendance une homogénisation de la composition chimique; la diffusion y joue un rôle. Comme il est bien connu, les schistes cristallins forment des assises zonées ou rubanées, le plus souvent sans limite nette d'une assise à l'autre, soit par transition graduelle, soit par fines alternances dans la zone de passage de l'une à l'autre. La transition graduelle résulte de la variation progressive du pourcentage des petits minéraux constitutifs dans les zones successives. On observe ces faits entre quartzites et marbres, gneiss et calcschistes, prasinites et calcschistes, etc... des séries métamorphiques pennines des Alpes. Une autre conséquence de la même propriété du métamorphisme est que beaucoup de minéraux métamorphiques de néoformation sont ubiquistes dans les divers bancs de nature pourtant très variée d'une série métamorphique. Un exemple classique est celui de la tourmaline dans les terrains métamorphiques des Alpes : du Crétacé au Paléozoïque, elle est présente dans les calcschistes, les quartzites et les gneiss.

Une seconde propriété du métamorphisme est qu'il se développe d'une façon beaucoup plus prononcée dans les assises d'une composition chimique initiale plus complexe, à constituants minéralogiques originels plus variés. Les marno-calcaires réagissent, par exemple, plus tôt et plus intensément que les calcaires ou les argiles.

Si donc le métamorphisme général était contemporain des grands mouvements tectoniques, les zones de contact anormal et de broyage d'écailles devraient être, compte tenu des deux propriétés ci-dessus, le siège de réactions bien intéressantes. En fait, il n'en est rien. Nous constatons dans le Briançonnais, la Maurienne, ou la Tarentaise, que les charriages ont amené la superposition de terrains aussi différents que des schistes lustrés, des prasinites, ou des gneiss permo-houillers — tous terrains hautement métamorphiques — sur du Flysch éocène, des calcaires fins à Foraminifères crétacés, ou des calcaires dolomitiques triasiques, avec contact brutal sans transition lithologique.

Les déformations de la grande phase définitive des charriages, qui a créé les traits fondamentaux de la structure actuellement visible de la Chaîne, n'ont pas été accompagnées d'un métamorphisme notable.

B. *La vue d'ensemble des unités majeures de l'édifice alpin* est, elle aussi, instructive à ce point de vue.

Pierre Termier a mis en évidence la naissance graduelle du métamorphisme général alpin dans la nappe du Briançonnais-Grand St-Bernard (nappe IV de la synthèse d'Emile Argand), du nord au sud suivant la direction axiale, *sans qu'on voie dans cette nappe de modification tectonique corrélative justifiant cette transformation.*

C'est particulièrement net dans les terrains prétriasiques. Dans le Valais, le Permo-houiller non métamorphique ne forme qu'une étroite frange au front de la nappe, et passe très vite latéralement à des gneiss et micaschistes dans la partie dorsale de la nappe. La frange non métamorphique s'élargit en Tarentaise (une dizaine de km. transversalement) et prend ensuite dans le Briançonnais une ampleur de plus de 15 km. transversalement. Le fait est d'importance et mérite qu'on insiste sur lui. Considérons le corps de la nappe du Briançonnais et ses rapports avec son substratum et avec la nappe supérieure.

A travers le corps de la nappe du Briançonnais, on ne dispose pas de profonde *fenêtre*, comme en Valais, pour prouver la vaste translation du Briançonnais de l'est à l'ouest, faute de surélévation axiale suffisante. Mais cette translation ressort, de manière incontestable, d'abord de l'opposition des facies stratigraphiques entre l'autochtone et le Briançonnais de part et d'autre de la bande synclinale écrasée qu'est la zone des Aiguilles d'Arves-Embrunais. Les contacts anormaux qui provoquent cette opposition se suivent tout le long des Alpes franco-italiennes jusqu'à la Méditerranée. Ensuite cette translation ressort aussi de la structure du Briançonnais en plusieurs grandes écailles ou plis couchés superposés, ayant la valeur des ramifications internes (*digitations*) des autres nappes majeures des Alpes (Pierre Termier).

Si nous observons le substratum de la nappe, et, en particulier, les deux bombements de ce substratum que sont les massifs de l'Aar et du Pelvoux, nous voyons les digitations frontales de la nappe du Briançonnais-Grand St-Bernard, situées de même par rapport à ces deux massifs, se montrer faites de Houiller métamorphique au bord méridional de l'Aar, et de Houiller normal au bord du Pelvoux.

Considérons enfin la nappe superposée à la nappe du Briançonnais-Grand St-Bernard : c'est la nappe de la Dent-Blanche en Valais, celle des Schistes lustrés dans les Alpes franco-italiennes, deux nappes que les travaux de F. Hermann et les nôtres conduisent à regarder comme deux secteurs en continuité d'une même nappe. Nous concéderons que celle-ci présente des variations de structure entre le Valais et la Haute-Maurienne : les gneiss paléozoïques du noyau perdent leur importance (ou s'éparpillent en écailles?), au bénéfice des séries monotones de calcschistes mésozoïques. Mais on ne voit pas que cela puisse expliquer la décroissance du métamorphisme de la nappe du Briançonnais-Grand St-Bernard sous-jacente. Les gneiss et micaschistes reprennent d'ailleurs aux environs de Briançon leur importance dans les lambeaux de recouvrement; en outre l'action d'écrasement et d'entraînement de la nappe des Schistes lustrés sur le Briançonnais atteint une intensité difficilement surpassable.

La conclusion de Pierre Termier conserve donc toute sa valeur. *Il y a indépendance entre la structure d'ensemble de la Chaîne et la répartition du métamorphisme. Le métamorphisme général n'est pas une conséquence de la déformation orogénique.*

Des nappes très métamorphiques ont été amenées en superposition à des nappes faiblement métamorphiques ou non métamorphiques. Outre la brutalité du contraste de part et d'autre de la surface qui les sépare, contraste sur lequel nous avons insisté tout à l'heure, l'impossibilité de supposer un métamorphisme général « *per descensum* » prouve que le métamorphisme général s'était produit auparavant : *il est antérieur aux charriages, au moins à leur phase principale.* Les nombreux lambeaux de recouvrement cristallophylliens sur le Briançonnais, les massifs de la nappe des Schistes lustrés superposés en Vanoise et en Haute-Isère sur la suite du Briançonnais sont maintenant classiques.

On serait tenté de pousser plus loin l'idée de l'antériorité du métamorphisme à la tectonique. L'examen de la série métamorphique alpine paraît montrer que le métamorphisme croît avec la profondeur stratigraphique des terrains, c'est-à-dire avec leur degré d'ancienneté correspondant à leur profondeur antérieurement aux mouvements orogéniques. La croissance du métamorphisme se traduit par le développement des cristaux en fréquence (s'ils sont de néoformation), en régularité, en dimension, et par l'accentuation des échanges chimiques d'un lit à l'autre et même à travers toute la série. En réalité une telle étude est difficile, car l'intensité du métamorphisme dépend au premier chef de la nature physico-chimique initiale des terrains soumis à son action, et dans les Alpes ils sont singulièrement variés.

Néanmoins, R. Staub est arrivé à la conclusion de la croissance du métamorphisme avec la profondeur stratigraphique dans les Grisons, et nous l'avons constatée aussi en Haute-Tarentaise pour une série semi-métamorphique allant du Houiller au Crétacé.

Or, tout le monde est d'accord sur ce que le métamorphisme général s'opère sur une échelle décroissante de bas en haut : même si l'on pense que les déformations mécaniques jouent un rôle important dans le phénomène, l'abaissement de température et la pression de bas en haut diminuent l'activité des transformations. Si donc la décroissance du métamorphisme dans les terrains les plus jeunes de la série métamorphique se confirmait, on en déduirait que les terrains étaient encore en position à peu près normale, n'avaient pas encore subi de mouvements orogéniques susceptibles de les renverser quand le métamorphisme général s'est développé. C'est bien cette idée qu'admet R. Staub, au moins pour la phase essentielle du métamorphisme, quand il écrit dans une étude sur les roches métamorphiques des Grisons : « Es ist eine Metamorphose nach Alter und Tiefenstufe der Gesteine, die sich in den langen Zeiten der Ruhe in den alpinen Geosynklinalen ausgebildet hat. Die ältesten Gesteine sind als die tiefsten gleichzeitig am stärksten metamorphosiert worden ». En traduction : « C'est un métamorphisme d'après l'âge et le niveau stratigraphique des roches, qui s'est développé dans les longues périodes de repos dans les géosynclinaux alpins. Les roches les plus anciennes, du fait qu'elles étaient les plus profondes, sont du même coup les plus fortement métamorphisées ».

S'il en est ainsi, il n'y a qu'un pas pour tirer une déduction singulière : la série sédimentaire a été métamorphisée jusqu'en haut (jusqu'au Crétacé dans la Vanoise, jusqu'à l'Eocène dans les Schistes lustrés), alors qu'elle n'était pas ensevelie sous l'épaisseur de nappes charriées superposées; le métamorphisme a pu se propager, à

la façon d'une réaction chimique amorcée, jusque très près de la surface du sol, dans les tranches de l'écorce de faible température géothermique, de faible pression de gravité, de faible pression orogénique. Quels seraient donc les agents de la transformation capables de réveiller les affinités chimiques et de régler la structure des schistes cristallins naissants?

En réalité, l'accord du métamorphisme avec la profondeur stratigraphique des terrains, observé dans certaines parties des Alpes, peut provenir d'une autre cause que de l'absence de toute intervention des assises à l'époque du métamorphisme. Dans les terrains les plus anciens des Alpes se trouvent des granites paléozoïques; dans les terrains secondaires et tertiaires, il y a surtout des calcaires et schistes bien moins riches en éléments chimiques et plus inertes par conséquent. Même renversés, le métamorphisme frapperait d'une empreinte plus marquée les premiers que les seconds. Sur une échelle plus restreinte, un exemple de cette prédilection du métamorphisme pour certains bancs se voit en Vanoise : dans la série permo-houillère, la transformation est plus intense au voisinage du Trias, c'est-à-dire dans le Permien, que dans le Houiller, parce que les poudingues permiens étaient plus riches en éléments volcaniques.

Pour ces raisons, il est raisonnable de s'en tenir à la conclusion, énoncée d'abord, de l'antériorité du métamorphisme aux charriages *principaux*.

Certains indices montrent que le métamorphisme a pu se continuer de manière atténuée au cours des charriages. On rappelle volontiers (R. Staub notamment), que les plus basses des nappes métamorphiques des Alpes, celles du Simplon, accusent par leurs minéraux spéciaux un métamorphisme plus prononcé, et on attribue le fait à ce qu'une plus grande épaisseur de nappes alpines les a surmontées. La constitution originelle de leurs terrains pourrait peut-être aussi expliquer cette observation.

Quoi qu'il en soit, nous dirons que le métamorphisme *essentiel* de la Chaîne alpine est antérieur aux charriages *principaux*, pour les éléments de cette Chaîne qui ont déferlé sur l'avant-pays en nappes superposées. Comme corollaire en résulte *l'incapacité des déformations mécaniques à provoquer la transformation, même sous la pression et l'élévation de température géothermique de plusieurs milliers de mètres d'assises superposées.*

2° *Aspects pétrographiques et discussion sommaire de quelques vues théoriques.*

Les observations pétrographiques conduisent à certaines idées sur la marche du métamorphisme, qui correspond évidemment à la prise d'un nouvel état d'équilibre du fait de conditions nouvelles imposées aux terrains. Parmi les facteurs de ce changement qu'elles suggèrent, nous noterons les suivants :

A. Le champ de forces.

B. Les déplacements intimes de la matière.

C. Les lois de croissance des cristaux.

D. La combinaison de causes multiples.

Comme source de documentation, on se référera au Traité de Niggli (*Die Gesteinsmetamorphose,* par U. Grubenmann et P. Niggli, Berlin, 1924) ou à la remarquable mise au point de F. Corin (*Le métamorphisme,* par F. Corin, Collection de monographies de Sciences naturelles publiée par la Société scientifique de Bruxelles, n° 2, 1931).

A. *Le champ de forces.* — La structure zonaire et la schistosité sont une propriété très évidente et quasi universelle de toutes les roches métamorphiques, auxquelles elle a valu le nom de *schistes cristallins.* Dans beaucoup de cas où elle se superpose à une stratification originelle, elle peut résulter de ce que la stratification a orienté et réparti tous les cristaux développés dans le métamorphisme. Mais souvent aussi on la constate dans des roches primitivement massives : tels granites changés en orthogneiss, tels dolérites et gabbros en prasinites. Il faut donc qu'un élément orienté ait présidé au phénomène. Tout le monde admet que c'est le champ de forces, c'est-à-dire les tensions réparties dans la masse : champ de la pesanteur composé éventuellement avec d'autres pressions, peut-être avec des pressions orogéniques.

Quant à expliquer le mode d'action de la force, Becke se sert du *principe de Riecke,* suivant lequel un cristal soumis à une tension de direction déterminée, dans sa solution saturée, a sa solubilité augmentée proportionnellement au carré de cette tension, le phénomène étant réversible : « Les parties les plus comprimées des grains sont par conséquent dissoutes, écrit Becke, tandis que les moins comprimées s'accroissent dans les solutions qui sont en circulation. Par là les grains sont manifestement raccourcis par dissolution dans la direction de la plus forte pression et allongés par croissance dans la direction de la plus facile détente ».

On peut objecter la difficulté d'appliquer ceci dans un agrégat et la nécessité de tenir compte de l'orientation cristallographique des grains.

Pierre Termier a recours à la densité réticulaire des minéraux pour expliquer leur orientation : « Dans un milieu incomplètement fluide, où des grains solides très nombreux sont séparés par des vésicules liquides, la pression prend une

direction qui est le plus souvent la verticale, et la structure zonée dans la cristallisation devient nécessaire. Chaque minéral en voie de formation tend à placer, perpendiculairement à cette pression orientée, un de ses plans de solubilité maxima ou de fusibilité maxima, c'est-à-dire pour parler le langage de Bravais, un de ses plans de plus grande *densité réticulaire*. Et si ce minéral, comme le mica, possède un plan réticulaire dont la densité soit très supérieure à celle de tous les autres plans de son réseau, c'est ce plan-là et pas un autre qui se mettra perpendiculaire à la pression, règlera l'orientation de tous les cristaux et déterminera le zonage de la roche. Ce zonage devient une simple conséquence de la loi de Bravais : et je ne crois pas que pour l'expliquer, il soit nécessaire de faire appel, comme le fait F. Becke, à une généralisation hypothétique, et par conséquent contestable, du principe de Riecke sur la relation entre la pression et le point de fusion ».

P. Niggli, tout en admettant l'efficacité du principe de Riecke, fait concourir la *force de cristallisation*, cette pression que produisent les cristaux en voie de croissance, et les propriétés mécaniques des cristaux, à la fixation de leur orientation. « Lors de la croissance des nouveaux minéraux, la force de cristallisation a manifestement (offenbar) une plus grande résistance à surmonter normalement à la plus grande pression que normalement à la plus petite. A la dépense minima de travail correspond par suite une orientation déterminée des nouvelles particules et une forme déterminée des résidus des éléments anciens ». Il pense que l'orientation des grains de quartz, où souvent l'axe se place de préférence perpendiculairement à la schistosité, tient à la différence des coefficients de résistance mécanique du quartz suivant ses directions cristallographiques.

On a cru voir dans la « *loi des volumes* » une autre conséquence des pressions réparties dans la masse. D'après cette loi, les minéraux les plus denses tendraient à se former dans le métamorphisme général, et quand il existe deux variétés hétéromorphes d'une même substance, c'est la variété à plus petit volume moléculaire qui apparaîtrait. On a pu dresser une table de minéraux à forte condensation moléculaire, dont le volume moléculaire est plus petit que celui qu'on peut calculer en additionnant ceux des oxydes et de la silice (pour les silicates). Ces minéraux se rencontreraient plus souvent dans les roches métamorphiques. Cependant cette règle est loin d'être générale, car des minéraux importants dans le métamorphisme, tels que les fedspaths, ne sont pas des minéraux condensés.

B. *Les déplacements intimes de la matière.* — L'exemple de roches modifiées uniquement par déplacement relatif des parties est donné par les *mylonites* ou roches écrasées. Mais la mylonitisation n'est pas un métamorphisme, car le produit n'est pas une roche : il manque de « l'homogénéité pétrographique », pour rappeler le mot de Percy Quensel appliqué à certaines mylonites scandinaves. Telle mylonite montre à quelques centimètres de distance des parties finement schisteuses, tantôt régulièrement laminées, tantôt interférentes, et des parties bréchiques dont les éléments sont tantôt à structure originelle conservée, tantôt cataclastiques. Un désordre indéfinissable est un des caractères frappants des mylonites; elles ne sont pas des entités lithologiques.

La texture des roches métamorphiques rappelle parfois celle des mylonites par l'aspect étiré ou informe de certains cristaux (gneiss œillés des assises prétriasiques du métamorphisme alpin), ou par leur schistosité onduleuse. Aussi a-t-on cherché l'explication du métamorphisme à l'aide des propriétés mécaniques des solides déformés par un champ de forces.

L'effet d'un système de forces appliquées à un milieu homogène est double. En premier lieu, il développe en chaque point des tensions (*stress*) d'intensité variable suivant les directions de l'espace : le vecteur représentant la tension appliquée à un petit élément plan pivotant autour du point considéré a son extrémité sur un ellipsoïde (ellipsoïde des tensions). En second lieu, il crée un état de contrainte de la matière, de déformation (*strain*), dont on a une image en chaque point par la déformation d'une sphère matérielle qui devient un ellipsoïde (ellipsoïde de strain). Les plans principaux de cet ellipsoïde représentent les directions suivant lesquelles la matière éprouve seulement des contractions ou dilatations sans déformation tangentielle. Perpendiculairement à chacun des plans principaux de l'ellipsoïde de strain, on démontre qu'il y a deux plans relativement auxquels existe une déformation tangentielle maxima. Ces deux plans sont au début de la déformation à 45° des autres plans principaux; ils sont susceptibles de tourner au fur et à mesure de l'établissement de la déformation du milieu quand celle-ci a une amplitude finie, mais généralement leur vitesse de rotation est différente. Ces plans sont prédestinés à la rupture, spécialement ceux dont la position varie moins au cours de l'établissement de la déformation. Il peut même arriver que cette position demeure constante si la déformation se réduit à un glissement simple (dé-

formation d'un paquet de cartes à jouer poussées obliquement par la tranche).

Si la déformation du milieu est sensiblement plane, c'est-à-dire parallèle à un plan donné, il n'y a que deux tels plans de déformation tangentielle maxima, et ils sont normaux à ce plan.

Quand on constate, comme il arrive quelquefois, un clivage particulier oblique à la schistosité principale (celle suivant laquelle s'orientent la plupart des cristaux des roches métamorphiques), on peut l'expliquer par le moins variable des deux plans de glissement ci-dessus. La schistosité principale se rapporte au contraire à l'un des plans principaux de l'ellipsoïde. Car, d'après les principes de Riecke ou des densités réticulaires, cette schistosité se place suivant un des plans principaux de l'ellipsoïde des tensions, lesquels coïncident avec ceux de l'ellipsoïde de strain, en milieu isotrope et pour une petite déformation.

Mais même pour la formation de la schistosité principale, on invoque aussi les surfaces de glissement, d'après la raison suivante : pour atteindre dans le métamorphisme l'état d'équilibre avec une dépense de travail minima, il faut que les cristaux se développent en s'orientant parallèlement aux surfaces de glissement. En outre les gaz et les solutions peuvent mieux se propager suivant ces surfaces. Aussi Niggli admet-il que la cristallisation de schistosité principale peut se faire, *suivant les cas*, soit le long d'un plan principal de l'ellipsoïde (cas de faible déformation), soit le long des plans de glissement (cas de forte déformation). D'ailleurs, remarque-t-il, l'ellipsoïde tend à paralléliser son grand axe avec l'un de ces plans dans le cas de très fortes déformations. *La schistosité des schistes cristallins résulterait d'un mouvement différentiel réparti dans toute la masse, suivant des plans de glissement très rapprochés.*

On conçoit que ces règles, pour autant qu'elles tendent réellement à s'appliquer, doivent être gênées et même faussées par les hétérogénéités des assises sédimentaires, et en particulier par la stratification originelle.

D'ailleurs il ne faut pas oublier que l'aspect troublé de certaines cristallisations métamorphiques aux minéraux de formes allongées, fragmentées, tient aussi, pour une part au moins, à d'autres causes que les déformations mécaniques intimes. Car dans un agrégat initialement solide et très hétérogène, les cristaux naissants sont troublés dans leur croissance et ont à soutenir une sorte de lutte pour se faire une place.

C. *Les lois de croissance des cristaux.* — On nomme *porphyroblastes* les grands minéraux noyés dans une trame de plus fine cristallisation, très répandus dans les schistes cristallins. Leur existence est singulière, car ils représentent des concentrations de matière alors que le métamorphisme a plutôt pour tendance générale l'homogénisation. Des hétérogénéités initiales, mécaniques ou chimiques, pourraient contribuer à leur formation. Souvent le fond de la roche, c'est-à-dire la trame cristalline ambiante où flottent les porphyroblastes, ne contient pas de cristaux de même nature. Enfin ils sont orientés dans certains cas différemment des minéraux du fond disposés eux-mêmes suivant la schistosité.

Pour Niggli, cette orientation particulière ne correspond pas nécessairement à un stade du métamorphisme différent de celui où cristallisait la roche ambiante, mais peut se rapporter à une orientation suivant des plans de glissement autres que les plans de schistosité. Souvent par contre les porphyroblastes ont des orientations diverses et quelconques, ou la forme de taches à bords indistincts, ou de nodules englobant à l'état d'inclusions de nombreux éléments de la trame minérale ambiante.

Les observations de ce genre conduisent à invoquer, indépendamment de la déformation mécanique et des glissements, les lois peu connues présidant à la genèse des cristaux et à leur croissance en milieu hétérogène, à faire intervenir la *force de cristallisation* que développent les cristaux grandissant dans leur solution. Cette force, capable de provoquer de petits déplacements, se manifeste notamment par l'arrangement des inclusions de particules préexistantes suivant certains plans dans le cristal qui se développe, ainsi qu'on l'observe souvent dans les plaques minces de schistes cristallins. Elle peut aussi repousser, au bord du cristal croissant, des particules voisines.

Mais les déformations purement mécaniques du milieu interviendraient aussi d'après les indices suivants. Un déplacement des porphyroblastes au cours de leur croissance apparaîtrait, dans quelques cas, par la rotation progressive des files d'inclusions du schiste ambiant, englobées peu à peu par le grand cristal. Telles seraient les traînées en hélice incluses dans certains grenats.

La formation de petites cristallisations adventives en position dissymétrique contre d'autres porphyroblastes (chloritoïdes en particulier) résulterait d'après Becke et Niggli, de petits vides dus à des déplacements analogues et remplis aussitôt par une recristallisation particulière, localisée, des substances du fond.

Ce dernier cas ressemble bien, à notre avis, à une réaction amorcée par un catalyseur local et bientôt éteinte dans le milieu après une brève

propagation, plutôt qu'à un remplissage de vide. Dans les autres, sans nier l'influence possible de déformations mécaniques relevant d'un champ de forces réparties, nous croyons que toute recristallisation dans un agrégat initialement solide provoque de petits déplacements locaux : les cristaux se nourrissent, se corrodent, s'influencent mutuellement, attirent ou chassent des particules contiguës. Il y a des mouvements de matière de l'ordre de grandeur du centimètre. En outre la naissance des cristaux change l'équilibre mécanique local du milieu, et de petits mouvements passifs, rotation de cristaux, peuvent en provenir. En ceci le champ de forces appliquées à la série des terrains ne jouerait qu'un rôle accessoire.

D. *Combinaison de causes multiples.* — C'est à la combinaison de l'ensemble de ces causes multiples, considérées comme peu efficaces isolément, que l'on attribue volontiers le développement du métamorphisme général. Aux facteurs possibles qu'on peut apercevoir directement, pressions, déformations mécaniques, propriétés de la cristallogénie, on adjoint d'autres facteurs invisibles : température géothermique, circulation de solutions ou vapeurs diffuses.

En ce qui concerne plus particulièrement les déformations mécaniques, leur rôle serait, pour P. Niggli, surtout comparable à une action catalytique, par analogie avec les résultats des études métallurgiques, où l'instabilité provoquée par une déformation facilite une transformation physique d'ensemble postérieure. Par exemple des métaux déformés à froid, puis recuits, cristallisent mieux que chauffés sans déformation. Ainsi dans la série métamorphique le rôle des déformations serait d'augmenter l'instabilité du milieu en faux équilibre physico-chimique et de provoquer par là le métamorphisme.

Suivant P. Niggli, les pressions et glissements intimes augmentent le contact entre les particules minérales voisines et facilitent les réactions chimiques. L'échauffement possible dû à cette déformation agit dans le même sens. Enfin les déformations en milieu hétérogène (particules solides, solutions) produisent des surpressions locales, telles que la surface d'une particule solide ne soit pas en équilibre de pression avec le liquide contigu. La solubilité du solide est accrue aux points en question; il doit se dissoudre et aller cristalliser aux points où la pression est moindre, conformément au principe de Riecke.

La déformation aurait cependant aussi une influence directe, car le réseau cristallin de chaque minéral tend à se réparer, s'il est déformé au delà de la limite élastique.

E. *Incertitudes.* — En ce qui concerne le rôle des déformations, on ne peut les séparer des autres facteurs possibles du métamorphisme, puisque, si elles sont seules agissantes, elles produisent seulement des mylonites. Envisageant donc le résultat global de l'action des divers facteurs, voyons-nous dans un schiste cristallin l'empreinte de mouvements différentiels (c'est-à-dire d'une déformation répartie), *conséquence des mouvements tectoniques de l'écorce?* Il doit en être ainsi si les déformations subies sont efficaces pour régler la structure des schistes cristallins. On ne conçoit guère que l'observation de ce fait soit possible, puisque le métamorphisme est antérieur à la tectonique essentiellement visible dans la Chaîne alpine. En outre les mouvements différentiels, si tant est qu'ils ne soient pas des accessoires plus ou moins locaux, peuvent s'être produits l'ensemble étant au repos et sans tendance actuelle au mouvement tectonique.

Quand on fait appel aux règles des équilibres physico-chimiques pour expliquer tel schiste cristallin, on évolue dans des incertitudes et même dans l'arbitraire, faute de pouvoir définir les conditions du milieu. Nous rappellerons l'observation si motivée de J. J. Sederholm[1] : « Il y a beaucoup d'exceptions à la thèse de l'école physico-chimique, d'après laquelle la composition minérale des roches est réglée seulement par la température, la pression et la composition chimique. Au contraire nous avons trouvé que des différences originelles de texture et composition minérale peuvent avoir une importante influence sur la composition secondaire, même dans un métamorphisme de degré élevé. Comme beaucoup de roches métamorphiques sont dans un état d'équilibre imparfait, nous devons, comme il a été signalé déjà par Johnston et Niggli, les grouper dans leur classification *autour* des systèmes d'équilibre étudiés chimiquement et nous ne pouvons pas les classer en types d'équilibre auxquels quelques-unes seulement appartiennent. Non seulement beaucoup de roches métamorphiques ne sont transformées qu'en partie, mais même quand les roches contiennent uniquement des minéraux secondaires, il peut y en avoir parmi eux tels qui représentent diverses conditions d'origine. Ces roches sont les objets d'une histoire qui peut être lue par l'étude de leurs caractères présents. La Géologie est une science du temps, étudiant la succession des événements. Elle n'est pas de la Physique ou de la Chimie appliquée, quoique ces sciences puissent l'aider beaucoup ».

1. J. J. Sederholm. On migmatites and associated precambrian Rocks of southwestern Finlande. Part II. *Bull. Commission géol. Finlande*, n° 77, 1926. (Citation, p. 131).

Pour toutes ces raisons, *la difficulté est donc grande de mettre en évidence la réalité d'application des diverses vues théoriques émises*, et cela justifie la remarque que nous faisions, au début de ces lignes, sur l'importance des observations positives purement géologiques.

II. — Données fournies par la granitisation des Chaînes précambriennes de Finlande.

Dans des régions telles que la Finlande où les terrains sont presque tous métamorphiques et d'une telle ancienneté que plusieurs phases d'activité orogénique les ont successivement déformés, le problème géologique essentiel est le classement très difficile des assises en ordre stratigraphique. Il est résolu actuellement dans une large mesure en Finlande par le professeur J. J. Sederholm et ses collaborateurs. Il a été ainsi rendu possible d'étudier sur des bases fondées la granitisation et la tectonique.

Nous diviserons cet exposé dans les paragraphes suivants :

1° Classement des assises.
2° Granitisation et tectonique.
3° Conclusion.

Outre les observations qu'il nous a été possible de faire au cours de l'excursion indiquée précédemment, les publications de la Commission géologique de Finlande, si précises et richement documentées, nous fournissent des éléments d'étude de premier ordre.

1° *Classement des assises.*

Il serait inexact de se représenter les très vieilles roches métamorphiques dont il est question ici, comme tellement transformées que leur état initial et les conditions de leur genèse soient d'une manière générale pratiquement indiscernables, ainsi qu'il arrive pour bien des schistes cristallins en divers pays et en Finlande aussi quelquefois. Telles assises sédimentaires et telles roches éruptives se laissent interpréter malgré l'empreinte du métamorphisme; leur agencement et leurs rapports sont analogues à ceux des roches récentes. De cette constatation, J. J. Sederholm a conclu que le principe de l'*actualisme*, suivant lequel les lois des phénomènes géologiques sont demeurées les mêmes dans la suite des temps jusqu'à nos jours, est valable dans la genèse de ces très anciennes parties de l'écorce terrestre, peut-être les plus anciennes existantes. A ces roches, formées comme celles datant d'hier, le métamorphisme a été appliqué dans la suite.

Nous avons pu observer des exemples frappants de telles roches dont la nature initiale est discernable, en particulier dans le Bothnien.

Comme on le sait, d'après les travaux de J. J. Sederholm et de ses collaborateurs, le Précambrien de Fennoscandie (Finlande et Scandinavie) comprend trois groupes séparés par des discordances, et qui sont de bas en haut :

Le Svionien et le Bothnien.
Le Ladogien, le Kalévien et le Jatulien.
Le Jotnien.

Le *Svionien* est séparé du *Bothnien* plus récent par une discordance.

Le *Ladogien*, le *Kalévien* et le *Jatulien* semblent des facies différents d'un même ensemble (C. E. Wegmann).

Le *Jotnien*, non métamorphique et d'habitude non plissé, marque l'époque de passage aux formations paléozoïques.

Dans le Bothnien du lac de Näsijärvi près de Tammerfors, le professeur Sederholm nous a montré des schistes phylliteux à sédimentation alternante de grès et schistes, avec ravinements au retour périodique du facies gréseux; ces aspects n'ont pas été effacés par le métamorphisme. Les mêmes aspects plus atténués s'observent dans d'autres schistes plus cristallins. Nous avons vu, dans ce Bothnien ou à sa base, des conglomérats d'une fraîcheur admirable sur une épaisseur de plusieurs centaines de mètres. A l'ouest de Tammerfors, à Mauri, des gneiss fins (leptynites) présentent la stratification entrecroisée qui s'observe aujourd'hui dans les dépôts de sable en eau rapide. Dans la région de Suodenniemi, certains filons de métabasalte transformés en porphyre à ouralite recoupent la formation bothnienne; ils montrent parfois une mince bordure de grain fin semblable à celle visible à l'occasion sur des filons de laves actuelles. D'autres aspects d'une interprétation plus subtile tiennent, d'après Sederholm, à l'altération subaérienne des roches avant leur enfouissement sous des séries nouvelles et leur métamorphisme : schistosité et structure pseudoporphyrique des diorites, ou brèches monogéniques au bord de ces roches massives. Dans l'archipel, à l'est d'Helsingfors, certaines roches basiques bréchoïdes ont la disposition des « pillow lavas », soit dans le Bothnien, soit peut-être dans le Svionien.

Pour le classement stratigraphique des assises, en des séries sans fossiles utilisables et où la topographie n'offre aucune coupe profonde, les filons de roches éruptives qui recoupent certains terrains et non les autres (où ils peuvent au contraire se trouver remaniés en galets) et aussi les contacts avec indications de transgression d'un terrain sur l'autre constituent les éléments d'ap-

préciation les plus précieux. C'est après de patientes études de cette nature que J. J. Sederholm a pu établir la position stratigraphique relative, rappelée ci-dessus, des divers grands ensembles, et déterminer les époques de venues de granite dans l'échelle ainsi définie.

Il y a quatre groupes principaux de granites :

Les granites du premier groupe, généralement gneissiques, ont été mis en place dans le Svionien.

Les granites du second groupe, tantôt gneissiques, tantôt massifs, sont post-bothniens.

Les granites du troisième groupe sont postérieurs à la série Ladogien-Kalévien-Jatulien.

Les granites du quatrième groupe, contrairement aux précédents, n'ont pas été impliqués dans de grands mouvements orogéniques. Ce sont des granites intrusifs à structure massive, auxquels appartient le célèbre « Rapakivi », et qui furent mis en place au début du Jotnien.

En outre des phénomènes géologiques d'ordre sédimentaire ou volcanique, qui sont caractérisables dans ces vieilles séries par comparaison avec les phénomènes actuels, J. J. Sederholm s'est aussi consacré à l'étude des énigmes du métamorphisme et de la granitisation. Les affleurements sont d'une qualité remarquable, car la roche, polie par les glaciers quaternaires, est visible sur de grandes surfaces, et n'a pas été l'objet d'une altération continentale récente grâce aux conditions de climat. Aussi une analyse très savante et minutieuse, ne laissant de côté aucun décimètre carré de ces surfaces, a mis en évidence d'importants résultats.

La granitisation en grand d'un espace très étendu de roches de l'écorce se fait par une véritable imprégnation généralisée de pegmatites et de magma granitique (les *ichors* de Sederholm), amenant la masse à un état semi-fluide et relativement mobile. Les caractères des roches préexistantes s'effacent peu à peu, et se déforment de toutes les façons. Quand le phénomène est resté figé en cet état, c'est un tableau saisissant que d'observer les étranges détails de l'apparition du nouveau facies lithologique, qui émerge au sein des anciens presque évanouis, de sorte que la roche ressemble à un palimpseste difficile à déchiffrer.

Par allusion à cette renaissance des roches, Sederholm a donné le nom de *Palingénèse* au phénomène. Il l'appelle aussi *Anatexie*, à cause de la refusion de l'écorce qui en résulte, et il nomme *migmatites* (roches de mélange) les produits de ces réactions.

On constate tantôt une pénétration de minces filonnets parallèles de granite, d'aplite ou pegmatite dans les lits de la roche, créant un gneiss veiné, pénétration identique à ce que A. Michel-Lévy a nommé l'injection lit par lit; tantôt un entrecroisement multiple de tels filons, formant une brèche éruptive; tantôt une pénétration diffuse. Les parties de la roche initiale, plus ou moins transformées, sont légèrement déplacées, comme craquelées par des fissures aveugles emplies par l'ichor, déformées comme une matière plastique. Elles prennent un aspect nébuleux comme par une dissolution sur place presque achevée, ou une structure finement entrecroisée comme par une fluidalité naissante. N'ayant plus les propriétés des solides, elles tendent déjà à pénétrer à la façon d'un nouveau magma en des interstices. Les filonnets d'ichor qui les traversent se tordent en singuliers replis empaquetés, semblables à ceux de filaments visqueux, sans rapport avec les plissements habituels des assises sédimentaires, et nommés « plis ptygmatiques ». Çà et là, la roche devient homogène et semblable à un granite banal.

Ainsi se trouve révélé par l'observation un mode de mise en place de très grands massifs de granite foncièrement différent de la mise en place des granites intrusifs, c'est-à-dire venus d'ailleurs et dans lesquels des phénomènes de cet ordre sont concentrés sur une mince frange près du contact ou sont même inexistants.

2° *Granitisation et tectonique.*

C. E. Wegmann s'est attaché aux questions tectoniques du Précambrien de Fennoscandie; à savoir aux deux chaînes de montagnes (ou ensembles de chaînes), nommées les Svéco-Fennides et les Karélides. Les premières affectent le Svionien et le Bothnien; les secondes sont postérieures à la série Ladogien, Kalévien, Jatulien. Il a montré que ces chaînes ont une tectonique alpine avec des contacts anormaux séparant des complexes de facies différent, et des ondulations axiales révélant la disposition inclinée des chevauchements.

Certains types de roches rappellent celles du métamorphisme alpin. Il nous a fait voir par exemple (île de Rönnskär-Central) des granites gneissiques du premier groupe, modifiés par les phases ultérieures de mouvements et d'injections, qui rappellent les orthogneiss pennins[1]. Ailleurs nous avons aussi observé plusieurs fois (par exemple, à l'île de Lilla Bastö) des roches basiques mé-

1. C. E. Wegmann et E. H. Kranck ont raison de le souligner dans : Beiträge zur Kenntnis der Svecofenniden in Finland. *Bull. Commission géol. Finlande*, n° 89, 1931.

tamorphiques à amphibole, épidote, feldspath, à structure finement zonée très analogue à celle de prasinites alpines (quoique non identique à cause de la présence ici de quartz et microcline).

La phase orogénique principale de style alpin s'intercale entre la venue des granites du premier et du second groupe dans les Svéco-Fennides. Il en résulte que le premier groupe est beaucoup plus généralement gneissique. Mais une différence plus profonde, tenant à leur mode de mise en place, existe d'après C. E. Wegmann entre ces deux groupes. Les premiers ont la forme de grands corps intrusifs allongés suivant des surfaces de charriage et il les nomme granites *syncinématiques*. Les seconds imprègnent intimement les assises en de vastes domaines, créent des migmatites, et sont responsables des phénomènes les plus importants de palingénèse ou anatexie décrits ci-dessus. Ils ne sont donc pas intrusifs, mais dus à la réaction de fluides diffusés à travers l'écorce.

C. E. Wegmann montre que le phénomène ne s'est pas fait à l'état statique, mais en pleine période orogénique; toutefois, d'après lui, il n'y a pas eu de charriages à ce moment, le jeu par grands compartiments en style vertical prévalant.

On observe donc ici un nouveau genre de granite syntectonique : le granite d'anatexie avec migmatites.

Nous avons particulièrement prêté attention, au cours de l'Excursion internationale de 1931 pour l'étude du Précambrien en Finlande, sur les indices de mouvements tectoniques qu'on relève dans les migmatites.

Le réactif le plus sensible de ces mouvements consiste dans les fines injections généralisées de pegmatite et aplite. Ces injections sont un élément essentiel des migmatites. On y distingue d'habitude plusieurs phases d'ancienneté décroissante, de moins en moins déformées par les mouvements, et qui cependant se rattachent à la mise en place du même granite (granite du second groupe).

On a d'abord de très subtils et multiples filonnets dans la schistosité des gneiss avec des plissotements ptygmatiques. Puis plusieurs phases de filons plus importants, discordants, plissotés ou non, accompagnés de surfaces de laminage qui déforment les filonnets des stades précédents (schistosités secondaires, étirements de cristaux de grenat). Ces déformations sont accompagnées de recristallisations, sauf les dernières qui sont mylonitiques. Les pegmatites liées aux dernières phases comportent de l'épidote et des nuages d'oxyde de fer, par une dégénérescence de l'activité magmatique ou une altération qui n'a plus été réparée par de nouvelles émanations magmatiques [1].

Dans la déformation des assises, certaines masses plus dures (surtout de gros filons beaucoup plus anciens de roches basiques) se sont fragmentées par étirement, et les fissures ont été aussitôt emplies par la pegmatite. Ailleurs les filonnets de pegmatite ont été eux-mêmes étirés, mais à l'état fluide et mis en chapelets. Ailleurs encore, la pegmatitisation s'est terminée en milieu tranquille : les filons sont rectilignes et, dans les parties où il y a eu assimilation des gneiss ambiants, la migmatite est presque homogène.

La pegmatitisation a été donc antérieure, contemporaine et postérieure au groupe des déformations de cette phase de mouvement.

Ces déformations mêlées aux venues magmatiques sont dénotées aussi quelquefois par le détail même des fins filonnets à plissotements ptygmatiques. Prenons le cas (fréquent sur des espaces notables) où on n'observe pas de déformation généralisée postérieure à la schistosité principale. Les plissements ptygmatiques se sont faits en tous cas sur des veines encore fluides, car ils sont semblables à l'empilement de filaments visqueux et non à la torsion d'une matière élastique. Les charnières de ces plis n'éprouvent pas d'étirement comme dans la déformation d'un corps solide. Il a fallu en même temps que le milieu ambiant où se trouvent les filonnets possède une plasticité exceptionnelle, afin de se prêter à de tels mouvements.

Or, là où ce milieu possède une schistosité, les plissotements ptygmatiques des fines injections s'accordent avec elle. On a : soit une injection plus ou moins sinueuse qui se redresse à chaque instant pour se mettre dans la schistosité, soit un paquet de plis du filon, plis dont les charnières recoupent la schistosité, mais dont les branches rectilignes se placent sur elle. Nous allons voir que la schistosité et le plissement ptygmatique se sont faits ensemble.

Comment se présente la schistosité? Elle se confond tantôt avec la stratification, tantôt l'oblitère, mais souvent on peut reconnaître si les délits de la roche se rapportent à l'une ou à l'autre.

Par exemple les roches basiques entièrement recristallisées et finement rubanées, analogues aux Roches vertes des Alpes, ne présentent plus de stratification si tant est qu'elles en aient eu initialement, mais seulement une schistosité [2]. Ailleurs des zones régulières transversales à la schis-

1. Ces observations se font aisément dans l'île de Rönnskär, au sud d'Helsingfors, et dans plusieurs autres de l'archipel du Skärgard.

2. Ile de Lilla-Bastö, à l'est d'Helsingfors, par exemple.

tosité, alternativement plus compactes et plus schisteuses, révélées par la finesse moindre des injections capillaires sur les premières, indiquent la stratification originelle[1]. Quelques cas sont encore plus évidents, dans des calcschistes à sédimentation successive répétée de calcaire et schiste: des plis du type ordinaire et de quelques décimètres, très serrés mais à charnières étirées encore visibles, déterminent par leur empilement la schistosité[2].

Que la schistosité ait été produite par le plissement et le laminage, c'est manifeste dans le dernier exemple. Cela ne veut pas dire que toute schistosité ait cette origine, mais tout laminage intensif développe une schistosité.

De l'accord des plis ptygmatiques et de la schistosité, nous tirons la conclusion suivante. La schistosité du milieu ambiant n'est pas postérieure à la formation des plis ptygmatiques, car elle ne déforme pas les anses de ces plis. (Nous nous plaçons dans le cas où on n'observe pas de déformation généralisée postérieure à la schistosité principale.) La schistosité s'est faite avant les plis ptygmatiques ou en même temps qu'eux. Mais la déformation qui crée ces plis, souvent très rapprochés et répétés, tend à produire une schistosité dans le milieu ambiant (à moins que celui-ci ne soit devenu fluide, auquel cas on n'aura pas de schistosité du tout, ni avant, ni pendant, ni après). Comme nous n'observons qu'une seule schistosité dans le milieu ambiant, cette schistosité s'est donc faite en même temps que le ptygmatisme, ou bien a été rajeunie au cours de ce phénomène suivant les mêmes orientations qu'une plus vieille schistosité.

On peut voir quelquefois d'une manière immédiate que les filonnets se sont mis dans une schistosité naissante et sont contemporains de la déformation correspondante. Car, en des couches plissées en accordéon et témoignant d'une schistosité naissante, il arrive que les plis ptygmatiques des filonnets s'orientent franchement suivant cette schistosité, qu'ils devancent chronologiquement, pour ainsi dire[3].

3° *Conclusion.*

L'anatexie s'est effectuée au cours de mouvements tectoniques généralisés et par conséquent importants. La mise en évidence de granites syntectoniques de ce genre est un fait capital.

Actuellement nous pouvons distinguer quatre catégories de grands massifs granitiques :

Granites d'anatexie syntectoniques. Fusion des terrains en cours de déformation et mélange avec un magma diffusé; granites finlandais du second groupe.

Granites d'anatexie post-tectoniques. Fusion des terrains sur place, et mélange avec un magma diffusé: granite pyrénéen (V. ouvrages de A. Lacroix).

Granites intrusifs syntectoniques (= syncinématiques). Grands filons-couches à structure assez hétérogène : granites à muscovite du Limousin.

Granites intrusifs post-tectoniques. Massifs homogènes coupant les terrains à l'emporte-pièce.

III. — Comparaisons et conclusions

Nous avons vu que les données les plus précises sur le métamorphisme général alpin conduisent à reculer sa formation avant les principaux mouvements orogéniques décelés dans la structure accessible de la Chaîne alpine.

D'autre part la recristallisation générale liée à l'anatexie dans la Chaîne des Svéco-Fennides s'est faite au cours de mouvements orogéniques importants qui même, d'après C. E. Wegmann, sont postérieurs à des charriages. Y a-t-il une différence tectonique essentielle entre ces chaînes ou la profondeur différente de leur dénudation actuelle suffit-elle à expliquer le contraste?

Dans les Alpes, des phases successives de mouvement ont été mises en évidence et ont montré que l'évolution de la Chaîne avait été très longue et d'une complication insoupçonnée lors des premières études. Leur reconstitution est loin d'être achevée et de grandes inconnues subsistent, qui s'opposent à des conclusions dès maintenant trop catégoriques. Il est à priori peu vraisemblable que les Chaînes de montagnes majeures de la planète aient une constitution foncièrement différente, surtout si l'on songe aux étroites analogies qui rapprochent les schistes cristallins et les magmas de toutes les époques, et à la liaison de l'orogénèse avec ces schistes et certains magmas.

Des indications encore vagues tendent à faire penser que le rôle des granites dans les Alpes est moins accessoire qu'il n'avait paru d'abord.

Des granites intrusifs post-tectoniques de l'époque tertiaire sont montés dans l'édifice achevé des nappes près du bord alpino-dinarique, le long de la zone des racines, perçant à travers les terrains métamorphiques ou non. En dehors de ce phénomène tardif, les schistes cristallins du métamorphisme alpin, formés bien avant les nappes, ne renferment pas d'intrusions granitiques, comme s'ils s'étaient faits indépendamment des magmas;

1. A Rönnskär, notamment.
2. Ile de Kalkholmen, à l'est d'Helsingfors.
3. Observé à l'île de Longholm et aussi à Bodö, à l'ouest de l'archipel d'Onas.

les granites transformés qu'ils contiennent sont de vieux granites hercyniens. Si l'on admet la théorie de Pierre Termier qui considère les roches massives et les schistes cristallins comme deux effets d'une même cause, les granites alpins se sont cependant formés en profondeur en même temps que le métamorphisme général, mais en des zones partout inaccessibles encore aujourd'hui.

L'épaisseur de la série métamorphique accessible n'est pas très grande. Il faut l'envisager avant les charriages qui l'ont empilée plusieurs fois sur elle-même. D'après les coupes classiques d'E. Argand, les nappes du Mont-Rose et du Grand-Saint-Bernard, qui sont les plus importantes des nappes pennines, offrent une épaisseur d'environ 4 ou 5 km. de série métamorphique quand on les envisage dépliées. C'est à une profondeur plus grande que se faisait le passage des schistes cristallins alpins aux batholites granitiques. La zone correspondante est demeurée enfouie à l'arrière de la propagation des nappes, au-dessous de la région des racines apparentes; les noyaux profonds des nappes sont restés en retard, tandis que leurs enveloppes cheminaient vers l'avant et se prêtaient au façonnage compliqué de l'édifice orogénique proprement dit.

On comprend alors que les granites intrusifs post-tectoniques soient montés précisément le long du bord radical de la Chaîne. Mais pourquoi ces magmas ont-ils éprouvé une telle reviviscence d'activité?

M. Lugeon en a proposé récemment une explication originale, qui est en substance la suivante. A la fin de l'orogénèse, les nappes de charriage ne peuvent plus se propager à cause du serrage à bloc des éléments tectoniques; la dérive de la portion mobile de l'écorce subit un freinage puissant, dégageant de la chaleur en quantité suffisante pour fondre d'importants massifs de roches dans la zone marginale de l'orogène du côté amont. « Le granite serait l'ultime effet des écrasements tangentiels des géosynclinaux. » Dans ce système les pressions orogéniques jouent un rôle indirect pour la mise en mouvement du magma; elles se transforment en chaleur et c'est la chaleur transmise qui étend la granitisation. Nous noterons l'accord de cette idée avec la constatation de l'absence de forme laccolithique dans ces venues de magma, alors que l'injection par le jeu des pressions en aurait donné.

Il est étonnant que les granites alpins aient conservé une activité latente à travers toute la durée de l'orogénèse, tandis que les schistes cristallins du même métamorphisme alpin paraissent avoir perdu leur faculté de transformation dès le début des charriages. Sous l'empilement des nappes en mouvement, ces schistes cristallins étaient pourtant à une profondeur au moins aussi grande qu'avant les charriages à l'époque de leur métamorphisme. La raison proviendrait, d'après ce qui précède, de l'entraînement des nappes de schistes cristallins vers l'avant (indépendamment des zones magmatiques profondes correspondantes restées en retard) et de la superposition des nappes au socle solide de l'avant-pays. Au contraire à l'arrière le métamorphisme général aurait pu se prolonger pendant toute l'orogénèse.

Ainsi, c'est à l'arrière et en profondeur, sous les racines apparentes des nappes, qu'il faut chercher l'anatexie alpine, si elle existe comme il est vraisemblable. En cette zone, granitisation, métamorphisme général, et mouvements tectoniques, qui semblaient trois entités indépendantes dans les Alpes, doivent s'associer.

Pierre Termier a dit, dans sa suprême communication au monde géologique, au Centenaire de la Société géologique : « Le métamorphisme régional précède-t-il le grand paroxysme dynamique, à la façon d'un phénomène annonciateur? Ou bien n'est-il que la conséquence de ce paroxysme et la mesure de son intensité? Jadis au Congrès géologique de Vienne, j'ai soutenu hardiment la première thèse et affirmé l'inexistence du dynamométamorphisme. Aujourd'hui, sachant ou croyant savoir bien plus de choses, je dirai simplement qu'entre les deux thèses je n'ose plus choisir ». Simultanément les dynamométamorphistes ont bien atténué leurs premières vues, puisque P. Niggli réduit l'influence des déformations à accentuer un déséquilibre pour permettre à d'autres facteurs de transformer les roches.

Ce qui paraissait contradictoire se rapproche et les données du problème s'enrichissent. Il n'y a pas de dynamométamorphisme puisque les déformations dans les charriages n'ont pas fait le métamorphisme; et pourtant les déformations mécaniques jouent un rôle même dans l'assimilation de l'écorce par les magmas, phénomène qu'on aurait cru « atectonique ».

Dans quelles lignes pourrait-on suivre la question dans les Alpes? On en conçoit deux.

Etudier la *tectonique embryonnaire profonde* des orogènes, qui coïncide dans le temps et l'espace avec le métamorphisme général des parties accessibles aujourd'hui de la Chaîne. De cette tectonique embryonnaire, nous ne connaissons que les manifestations toutes *superficielles* dans le jeu des transgressions et régressions préliminaires aux phases principales. La tectonique embryonnaire profonde a été oblitérée par celle des pha-

ses principales, aussi on n'entrevoit guère sa reconstitution comme possible directement dans les Alpes, mais peut-être pourrait-on trouver des analogies dans d'autres chaînes moins évoluées.

Secondement, étudier la *tectonique définitive profonde* des racines, c'est-à-dire des régions où le métamorphisme a duré plus longtemps et été plus intense, régions où il rejoint sans doute la granitisation. La surface topographique est-elle descendue là déjà assez bas pour permettre des observations fructueuses? C'est possible localement. En outre les méthodes géophysiques et les sondages apporteront peut être un jour des documents sur ce sujet.

Eugène Raguin,
Ingénieur des Mines.

DE LA VALEUR DES MÉTHODES DE L'ÉDUCATION PHYSIQUE ET DES SPORTS D'APRÈS LES RAPPORTS STATISTIQUES

I

Les diverses modalités d'activité physique comprises sous les noms de kinésithérapie, éducation et culture physiques, jeux et sports, deviennent si répandues qu'une sélection scientifique s'impose pour juger certaines d'entre elles en toute rigueur. Jusqu'ici les méthodes d'examen diffèrent suivant qu'il s'agit d'apprécier chez un organisme, son équilibre organique et fonctionnel, ou des performances d'énergie cinétique de locomotion, ou des caractères morphologiques associés ou non à des considérations d'esthétique.

A mesure qu'augmentera la diversité des objectifs poursuivis, il deviendra toujours plus difficile d'établir une méthode universelle, simple et précise, de valorisation des organismes, mesurant ainsi l'efficacité des opérations destinées à les perfectionner. La connaissance de ce problème nous a conduit à demander aux rapports statistiques, cette simplicité et cette universalité qui font défaut dans tous les procédés actuels d'évaluation des disciplines d'activité physique. Entre les références consignées par de rares collections de mesures anthropométriques ou de performances mécaniques, établies plus ou moins rationnellement, et les examens physiologiques, plus rares encore, de quelques centres d'éducation physique, rien ne permet de prévoir directement les résultats les plus probables dont jouira un organisme déterminé à la suite d'une activité physique définie. Ces données compléteraient le diagnostic du médecin pour la recommandation d'une activité plutôt qu'une autre; elles fonderaient sur des chiffres la réputation des établissements où se déploient ces activités, enfin elles renseigneraient les clients toujours désireux de risquer le moins pour gagner le plus. Nous nous proposons donc de montrer tous les avantages immédiats qu'on peut facilement retirer de statistiques judicieusement établies, en prouvant que l'application des notions élémentaires du calcul des probabilités, si elle devenait généralisée et obligatoire pour compléter les examens de laboratoire, entraînerait des méthodes nouvelles et vraiment scientifiques pour l'estimation des diverses pratiques d'éducation physique et de sports.

Rappelons qu'une expertise scientifique d'une activité, consacrée d'après les procès-verbaux émanant d'un laboratoire de physiologie du travail, si elle est assez complète, donne le maximum de garanties pour édifier la critique des procédés de traitement ou d'amélioration de l'organisme. Chaque fois que son exécution est possible et constituée par cinq recherches essentielles, elle dispense de la consultation des statistiques pour apprécier les bienfaits d'une activité, mais jamais ces données ne permettent de prévoir l'évolution physique la plus probable d'un individu soumis à l'influence de cette activité.

Le premier des problèmes d'une expertise est celui de la comparaison des rendements énergétiques des organismes, avant puis après l'activité physique manifestée. C'est l'étude du rapport; $\frac{\text{travail fourni}}{\text{dépense d'énergie}}$, à la condition que le travail musculaire produit ne soit pas une des formes de l'activité considérée. (A titre d'exemple : pelletage pour l'athlétisme, porter d'un fardeau ou traction d'une résistance pour une méthode de culture physique.)

En second lieu, l'examen fonctionnel des organismes avant et après la pratique étudiée, éventuellement augmenté d'indications cliniques.

Vient ensuite la comparaison de la capacité physiologique d'une manifestation d'énergie cinétique

de locomotion, avant et après l'activité considérée. Elle est donnée par la différence des inverses de la suractivité fonctionnelle consécutive à une production de travail analogue à celle requise pour le premier problème.

La suractivité fonctionnelle peut s'interpréter de plusieurs manières. Parmi les plus simples : retour au calme, durée d'après volontaire, dépense d'énergie physiologique.

La quatrième recherche consiste à mesurer la fatigue physique et la fatigue psycho-motrice résultant d'une séance de l'activité considérée. Elle souligne la valeur pratique des séances qui laissent l'individu parfaitement dispos à ses occupations sociales.

En dernier lieu, détermination du rendement de l'activité manifestée par la formule suivante :

$$\frac{\text{travail d'un effort prolongé après la période d'activité} - \text{travail d'un effort prolongé avant l'activité}}{\text{travail moyen déployé durant la période d'activité}}$$

L'effort exigeant le concours des principaux groupes musculaires doit demeurer différent des manifestations cinétiques habituelles de l'activité. La connaissance de ce rapport n'est valable que pour des travaux musculaires bien définis, en des séances identiques, où le calcul de la moyenne du travail total est possible. On peut simplifier la lecture en divisant les deux membres du rapport par le nombre de séances. Dans les deux cas, on constate que la réalisation de chaque kilogrammètre d'une activité élective, produit et conditionne un nombre de kilogrammètres d'un effort prolongé attestant les bienfaits fonctionnels de l'activité considérée, au même titre qu'une unité d'énergie potentielle d'ordre chimique consommée au sein de l'organisme permet la manifestation d'un nombre correspondant de kilogrammètres de travail mécanique fourni. Pourvu que le numérateur soit convenablement choisi, et le dénominateur facilement mesurable, ce rapport pourrait suffire à lui seul de critérium de la valeur des activités examinées.

Ces recherches nécessitent un outillage assez important de laboratoire et une technique afférente.

Très peu de clients consentent à subir ces examens minutieux surtout si leur temps s'ajoute à celui des séances. Enfin, traduisant des résultats acquis et non probables, elles exigent pour renseigner tout nouveau client de se prêter d'abord à ces opérations. Voilà les difficultés réelles qui ne manquent pas d'être invoquées par les établissements de sports ou d'éducation physique pour éviter tout contrôle scientifique précis de leurs pratiques.

La préparation de statistiques qui seraient centralisées à époques fixes restreint les recherches aux résultats physiologiques, mécaniques et anthropométriques, conférés par l'activité intéressée. Le caractère de celle-ci, en limitant le nombre et l'importance des résultats, facilite pour chaque établissement l'enregistrement du nombre de clients, classés par catégories et réalisant les objectifs escomptés, pourvu que catégories et objectifs soient bien définis.

On constitue une catégorie par le groupement d'individus présentant tous les caractères fonctionnels normaux, et la même anomalie physiologique, énergétique ou morphologique. On obtient ainsi, tous caractères fonctionnels restant égaux, la catégorie de la déficience respiratoire, de l'obésité, de l'insuffisance cardiaque, etc. Quand il y a plusieurs anomalies ou divers objectifs à atteindre comme dans les sports, le classement peut s'effectuer d'après la fonction perturbée dominante engendrant les autres troubles constatés, et d'après l'objectif essentiel à poursuivre permettant la manifestation des résultats secondaires.

Le groupement des organismes d'après leur similitude de caractères normaux s'établit facilement en prenant pour valeur normale, des divers états physiologiques, la valeur correspondant à l'état le plus fréquent de la série biométrique existante. En fonction de l'âge, de la taille et du lieu géographique, les valeurs normales des principaux états physiologiques sont bien connues. Il existe également des tables de performances d'énergie de locomotion, donnant des moyennes pour les principales manifestations cinétiques : marche, course, saut, lever de poids, lancer, grimper, etc... Il conviendrait de les compléter en fonction de l'âge. On possède de même des moyennes sur les mesures anthropométriques.

Il y aurait intérêt à ce que les grands centres d'éducation physique ou de pratiques sportives, multipliassent les statistiques relativement aux performances et aux caractères morphologiques, d'après les mesures relevées sur des organismes normaux, n'ayant jamais pratiqué l'activité considérée; ensuite, de comparer ces mesures à celles obtenues grâce aux disciplines prescrites. Pour établir une statistique dans le sport des poids et haltères, par exemple, il faut donc au préalable s'assurer que tous les sujets se dédiant à ces exercices et dont on veut enregistrer les succès physiques, n'offrent aucune anomalie les écartant trop du type moyen d'organismes rencontrés dans cette activité et à son début, soit au premier mois. Ensuite, pour chaque performance, on peut noter les nombres d'individus réalisant telles variations

fonctionnelles, cinétiques ou morphologiques, que l'on jugera les plus utiles à connaître.

La connaissance du type moyen relativement à ce sport diffère assez de celle requise pour un type correspondant à une méthode kinésithérapique ou d'éducation physique. Les organismes se consacrant aux poids et haltères ont généralement des caractéristiques physiologiques et énergétiques nécessaires et plus que suffisantes pour les représenter comme des organismes normalement constitués; les mesures correspondantes s'en trouvent facilitées.

En résumé, à la base des rapports statistiques, il faut posséder le plus grand nombre d'organismes moyens relativement à l'activité considérée, permettant d'établir les valeurs initiales et finales que l'on devrait le plus fréquemment rencontrer. Ces précautions seront d'autant plus aisées à satisfaire que l'activité physique s'adressera à des sujets plus vigoureux et bien portants, par suite du nombre restreint des mesures à effectuer et de leur simplicité. Ceci implique encore la nécessité pour ces activités, de soumettre leurs clients à une éducation préalable afin qu'ils appartiennent sans conteste à la catégorie du type moyen, subdivisée en classes ne se distinguant que par un caractère fonctionnel, cinétique ou morphologique, dont il est désirable de traiter l'insuffisance ou d'augmenter la valeur absolue (dans cet exemple, celle-ci étant généralement supérieure à celle d'une catégorie type moyen d'une méthode de culture physique).

Théoriquement, il doit y avoir autant de catégories que de caractères à améliorer. Pratiquement elles seront limitées par le degré d'universalité de l'activité prescrite par l'établissement et le nombre de clients de celui-ci. Que ce nombre se répartisse sur quelques semaines, plusieurs mois ou plusieurs années, il suffit que l'activité conserve durant l'époque observée le souci constant d'assurer les profits qu'elle recherche; sauf toutefois où de grands changements dans sa pratique modifieraient trop la grandeur ou la durée de réalisation des profits escomptés.

Il sera toujours commode de représenter graphiquement les classes d'une catégorie. On porte en abscisses les différentes valeurs du profit manifesté par tous les clients présentant le même caractère à améliorer, et on inscrit en ordonnées le nombre d'individus ayant réalisé chacune des valeurs de cette variable essentielle. L'état moyen de cette classe, donc le plus fréquemment rencontré, correspond à la valeur présentant le plus grand nombre d'individus. Une méthode d'éducation physique a constitué quatre catégories d'obèses : de 20 à 30 ans, de 30 à 40 ans, de 40 à 45 ans, de 45 à 50 ans. Dans chaque catégorie les clients ont leurs fonctions physiologiques évoluant normalement en raison de leur obésité. Il y a trois classes par catégorie. Dans la première on cherche l'augmentation du coefficient pulmonaire, dans la seconde le maintien aux limites absolument normales de la pression artérielle (de 8 à 16 cms Hg), dans la troisième la diminution du rapport $\frac{\text{périmètre abdominal}}{\text{taille}}$.

Avant toute application de l'activité, ces trois valeurs observées chez le plus grand nombre de clients sont les valeurs moyennes initiales de chaque classe; après l'activité les nouvelles valeurs rencontrées le plus fréquemment sont les valeurs moyennes finales de chaque classe. Ce sont évidemment ces valeurs moyennes initiales et finales qui doivent servir dans le calcul des probabilités [1].

Ajoutons que ces classements s'inspirent davantage des besoins des rapports statistiques que de l'exécution des procédés de l'activité considérée. Nous ne les préconisons pas comme méthodes d'activité physique, mais seulement comme méthodes de calcul.

Quoique beaucoup plus simples et plus rapides que dans un examen scientifique, les mesures des caractères fonctionnels, cinétiques et morphologiques, nécessaires à l'établissement des statistiques, exigent néanmoins qu'elles soient prises, et, nous le verrons, le plus fréquemment possible. Si maints établissements se prétendent dans l'impossibilité de suivre avec une minutie de laboratoire les résultats qu'ils poursuivent, ils ne sauraient se soustraire à d'élémentaires mesures consacrant au moins ces résultats, par la comparaison des valeurs moyennes finales aux valeurs moyennes initiales. Il nous paraît désirable pour la garantie des rapports statistiques, que chaque mesure enregistrée par un appareil précis et commode, soit attestée par la signature du client et envoyée sous lettre cachetée au centre intéressé qui contrôle la valeur des divers établissements d'éducation physique et de sports.

II

1° La question la plus généralement posée par un client à un établissement d'activité physique, consiste à connaître quelle est la probabilité qu'il

1. Ces valeurs moyennes sont rarement les mêmes que la moyenne des valeurs, puisqu'elles sont la valeur de l'état le plus souvent rencontré. Si 30 séances de culture physique augmentent pour une catégorie d'organisme la capacité vitale de 1 litre 50, la valeur moyenne du profit escompté n'est pas 0 litre 75, mais elle peut être 0 litre 60 si ce profit fut réalisé pour le plus grand nombre d'individus de la catégorie.

a d'obtenir un des résultats promis par cette activité. Si le client est classé dans une catégorie bien définie et dont les cas furent suffisamment nombreux pour constituer une statistique, le profit escompté qu'il soit de nature fonctionnelle, mécanique ou anthropométrique est donné par le rapport du nombre d'organismes traités avec succès au nombre total d'organismes qui s'y sont dédiés, $p = \frac{N}{n}$. Ainsi un obèse de 25 ans dont l'anomalie essentielle est l'hypertension correspond à la catégorie des hypertendus de 20 à 30 ans. Si l'activité considérée diminua la tension des organismes de cette catégorie, consécutivement à l'amaigrissement réalisé pour 80 clients sur 100 astreints à cette activité, la probabilité du nouveau client d'avoir sa pression artérielle ramenée vers l'état normal est de $\frac{80}{100}$ ou $\frac{4}{5}$. Cette probabilité est d'autant plus exacte que la valeur initiale de la tension du nouveau client se rapproche davantage de la valeur moyenne initiale observée dans la catégorie, et qu'on cherche à atteindre pour cet organisme une valeur finale très voisine de la valeur moyenne finale de la catégorie.

Les limites imposées aux profits escomptés sont naturellement spécifiques à chaque catégorie et ce sont des considérations physiologiques, cliniques ou empiriques qui les déterminent comme objectifs nécessaires et suffisants dans chaque catégorie.

Lorsqu'un client est le $(N + i)$ème d'une catégorie, la probabilité de ses profits diminue à mesure que i grandit, d'où la nécessité de tenir les statistiques à jour, pour que n augmente avec N.

Dans les catégories où la variable essentielle est étroitement liée à diverses anomalies, la probabilité du succès s'exprime par le même rapport, mais l'incertitude que le nouveau client corresponde à l'état moyen de la catégorie affecte cette probabilité, car la gravité ou la complexité des états ainsi traités rendent elles-mêmes le succès problématique. Un résultat s'escomptera d'autant moins que la gravité ou la complexité des caractères à traiter ou à améliorer, rendent non seulement plus aléatoires les bienfaits de l'activité physique, mais aussi plus difficiles l'établissement de statistiques précises par catégories.

2° Rechercher la valeur de l'activité physique qu'on se propose de manifester, conduit pour le cas d'un seul profit fonctionnel, mécanique ou anthropométrique à l'examen des courbes de chaque catégorie. En abscisses, les acquisitions successives permises par la pratique de l'activité, en ordonnées le nombre d'organismes ayant réellement joui de ces acquisitions. La courbe, généralement, croît, passe par un maximum donnant l'acquisition réalisée par le type moyen de la catégorie, puis décroît. Pour certaines catégories elle peut être continûment décroissante.

Une catégorie où la variable essentielle est la faiblesse musculaire peut donner comme acquisitions aux mesures dynamométriques : 60 sujets pour 10 kilogr.; 25 pour 20 kilogr.; 15 pour 30; le type moyen est fourni par les 60 sujets, même s'il y en avait 40 réalisant 8 kilogr.).

En prenant la moyenne des valeurs des acquisitions enregistrées, on lit sur le tableau statistique, le nombre correspondant d'individus ayant réalisé cette mesure; rapporté au nombre total des clients de l'établissement ou de la catégorie, on connaît la probabilité pour qu'un nouveau client, absolument pris au hasard, ou appartenant à la catégorie, réalise cette moyenne.

La grandeur d'une activité pour un caractère déterminé est en raison directe de la valeur absolue de cette moyenne, et la valeur de cette activité est représentée par la probabilité qu'encourt un nouveau client de réaliser cette moyenne. La valeur n'est pas toujours proportionnelle à la grandeur. Dans les pratiques sportives les sujets doués donnent une moyenne élevée des performances de cette pratique alors que les méthodes d'entraînement conduisent seulement un petit nombre de sujets, relativement à l'ensemble des pratiquants, à cette grandeur moyenne. Le contraire se produit pour les activités d'éducation physique. Le public devrait pouvoir facilement discerner la grandeur moyenne d'un caractère, d'une activité, de sa valeur générale.

La difficulté disparaît avec les statistiques puisque :

$$\text{Grandeur moyenne} = \frac{\text{acquisition maxima} - \text{acquisition minima}}{2}$$

$$\text{valeur de l'activité} = \frac{\text{nombre d'individus réalisant la grandeur moyenne}}{\text{nombre total pratiquant l'activité}}.$$

On aboutit à une expression plus complète de la valeur d'une activité par le principe des probabilités totales.

Une activité se propose de faire profiter : R cas; a cas intéressant un caractère; b cas un autre; etc., h cas un autre (qui peuvent être par exemple: la croissance, la pulsation cardiaque, un réflexe psychomoteur, la résistance musculaire, etc.) la probabilité pour que l'un de ces caractères se réalise (la réalisation de l'un d'eux n'entraînent pas forcément la réalisation de l'autre) est donnée par la formule

$$\frac{a + b + c + \cdots + h}{R}, \text{ (où } \frac{a}{R}, \frac{b}{R} \cdots \frac{h}{R}$$

sont les probabilités pour que $a, b, ... h$ se réalisent), c'est-à-dire par la somme des probabilités pour que chaque caractère se réalise.

Sauf les situations extrêmes d'organismes trop débiles ou manifestant la production de la plus grande énergie, tout individu peut espérer profiter d'une activité rationnellement conduite. A mesure que celle-ci s'adresse à un plus grand nombre de caractères fonctionnels, mécaniques ou anthropométriques, davantage est plus grande la probabilité qu'un organisme quelconque jouisse d'un de ses résultats. Supposons une pratique de gymnastique aux agrès assez empirique pour conférer très peu de profits de caractères fonctionnels, car sur 100 organismes la pratiquant, 25 améliorent leur système nerveux et 15 leur fonction cardiaque, les 60 autres n'obtenant pas d'avantages physiologiques appréciables; la probabilité d'un de ces profits fonctionnels est $\frac{25+15}{100}=\frac{4}{10}$, alors qu'une pratique plus sérieuse en augmentant la capacité vitale chez 20 sujets donnerait $\frac{6}{10}$ de chances pour obtenir un résultat d'ordre fonctionnel.

La valeur d'une activité peut s'exprimer par la probabilité qu'a un organisme quelconque de profiter sur l'un des caractères qu'elle prétend améliorer; d'où ce corollaire qu'une activité est d'autant meilleure qu'elle se spécialise davantage.

3° Lorsque les disciplines d'une activité s'appliquent indistinctement à tous les organismes, sans souci de la catégorie à laquelle ils appartiennent, il convient de chercher ce que deviennent les caractères fonctionnels, mécaniques et anthropométriques des clients sous l'influence des exercices prescrits. Cette connaissance est précieuse car la plupart des méthodes d'éducation physique et des pratiques sportives traitent tous les cas de leurs clients de la même manière. Il s'agit du problème de la valeur moyenne d'un caractère dans l'activité considérée.

Sous l'effet de l'activité, un caractère x prend diverses valeurs, x_1, x_2, x_3 ... x_n correspondant respectivement aux catégories 1, 2, 3, ... n. La valeur moyenne de ce caractère dans l'activité considérée est représentée par

$$\mathrm{M}(x) = p_1x_1 + p_2x_2 + \cdots p_nx_n.$$

p_1, p_2, p_n, étant les probabilités pour que les valeurs x_1, x_2, ... x_n se réalisent. Sous l'effet de pratiques uniformes d'exercices dits « naturels » (course, saut, lancer, etc), la croissance du corps des jeunes organismes prend différentes valeurs selon les catégories auxquelles ils appartiennent. Supposons celles-ci ordonnées simplement suivant l'âge. On peut constater comme accroissement de taille dans chaque catégorie :

5 cm. à 16 ans; 4 cm. à 17 ans; 3,5 cm. à 18 ans; 2 cm. à 19 ans.

Ces chiffres mesurent l'accroissement moyen, c'est-à-dire celui manifesté par le plus grand nombre de sujets dans chaque catégorie.

La probabilité d'un organisme de 16 à 19 ans de réaliser un accroissement de 5 cm. est donnée par le rapport du nombre d'organismes ayant 16 ans au nombre total ayant de 16 à 19 ans. Soit donc 15 sujets de 16 ans, 20 de 17 ans, 30 de 18 ans, 10 de 19 ans, et 25 sujets de 16 à 19 ans ne manifestant pas un accroissement suffisant pour qu'il puisse être retenu. Il vient comme expression de la valeur moyenne de l'accroissement de taille de 16 à 19 ans conditionné par l'activité déployée:

$$\frac{15}{100}5 + \frac{20}{100}4 + \frac{30}{100}3{,}5 + \frac{10}{400}2$$
$$= 0{,}75 + 0{,}8 + 1{,}05 + 0{,}2 = 2{,}80 \text{ cm.}$$

Tandis que la moyenne des accroissements observés diffère notablement puisqu'elle vaut

$$\frac{5+4+3{,}5+2}{4} = 3{,}6 \text{ cm.}$$

Ce dernier résultat ne dépend que de la grandeur des accroissements, sans tenir compte de la proportion des individus de chaque âge au nombre total d'organismes de 16 à 19 ans. N'y aurait-il que 5 sujets de 16 ans manifestant un accroissement les 10 autres n'atteignant aucun nombre suffisant, la moyenne des accroissements observés resterait 3,6 cm., alors que la valeur moyenne de l'accroissement de taille deviendrait 2,30 cm.

La considération de la valeur moyenne d'un caractère explicite qu'il ne suffit pas de réaliser des profits, mais que ceux-ci doivent intéresser la plus grande fraction possible du nombre des organismes comptant en jouir.

La valeur moyenne d'un caractère dans un système d'activité physique augmente avec la grandeur du résultat escompté dans chaque catégorie et avec la probabilité de réaliser ce résultat pour un organisme dont l'état est compris entre les états limites de l'une quelconque des catégories.

Cette probabilité diminuant à mesure que le nombre de catégories augmente, il s'ensuit que la valeur moyenne d'un caractère doit croître avec la spécialisation de l'activité qui n'embrasse pas de ce fait plusieurs catégories d'organismes et généralement manifeste les valeurs absolues supérieures des résultats escomptés. Un client désirant jouir d'un grand résultat à propos d'un caractère déterminé, devra s'adresser aux établis-

sements où les valeurs moyennes de ce caractère sont les plus élevées, à la condition que son organisme appartienne à l'une des catégories traitées par ces établissements. (La valeur moyenne de la force musculaire mesurée au dynamomètre sera plus élevée dans les établissements de poids ou de lutte, que dans ceux de culture physique, parce que les premiers possèdent la sélection (toute empirique d'ailleurs) et la meilleure technique d'éducation définitive de la force.)

La répartition des profits signifie leur classement par ordre de probabilité croissante ou décroissante, ceci n'étant possible que sur une longue série d'individus où tous les profits sont jugés également probables. On peut les répartir par catégories ou dans l'ensemble de l'activité. La probabilité qu'un profit se réalise revient à celle qu'un nouveau client atteigne le résultat escompté. Il suffit donc de classer les profits d'après la grandeur décroissante du rapport :

$$\frac{\text{nombre d'organismes ayant réalisé le résultat moyen escompté}}{\text{nombre total d'organismes ayant espéré l'atteindre}},$$

pour qu'un nouveau client de la catégorie intéressée sache immédiatement le résultat qu'il obtiendra le plus probablement.

4° Une des acquisitions les plus précieuses est la connaissance de la probabilité théorique pour qu'un caractère fonctionnel, mécanique ou anthropométrique atteigne une valeur donnée ou soit compris entre certaines limites (qui peuvent être celles d'un résultat escompté).

Toutes les manifestations de l'activité physiologique, de l'énergie cinétique de locomotion, comme toutes les mensurations du corps, sont assujetties à demeurer entre certaines valeurs limites; en particulier, elles peuvent varier de l'état initial a, à l'instant considéré, jusqu'à l'état final b, limite humaine de la manifestation envisagée.

Sachant qu'un caractère demeurera entre a et b, la probabilité pour qu'il soit compris entre c et d, s'exprime par

$$\frac{d-c}{b-a}=\pi, b > d > c > a.$$

Avec $d=b$, on a $\frac{b-c}{b-a}=\pi$. Ces rapports signifient pour l'organisme intéressé, la probabilité qu'il a de réaliser la transformation de a à c, et éventuellement de a à d, qu'il pratique ou non des exercices physiques. Ils supposent que tous les organismes ont la même chance d'évoluer de a à c, et que toutes les activités ont la même chance de procurer cette évolution. Une correction est indispensable pour l'interprétation des phénomènes de la vie.

S'il s'agit du périmètre thoracique et que pour une taille de 1 m. 80, on sache que la mesure limite fut, supposons 132 cm. La probabilité d'un homme mesurant 1, 1 m. 80 d'avoir 120 de tour de poitrine, alors qu'actuellement il n'a que 100 est donc

$$\frac{132-120}{132-100}=\frac{12}{32}, \text{ soit près de } \frac{1}{3}.$$

Si l'organisme est jeune, sans déficience physiologique, et l'activité physique excellente, il court une chance sur trois d'atteindre 120 cm. de périmètre thoracique, mais les ressources ou les insuffisances de sa constitution peuvent modifier ces chances. S'il appartient à une catégorie définie, déjà traitée par l'activité et que le rapport du nombre d'individus de 1 m. 80 ayant réalisé 120 avec 96 comme état initial, au nombre total de sujets semblables n'ayant pas obtenu ce résultat, équivaut à $\frac{1}{7}$, on peut se demander quelle est la probabilité la plus juste, à supposer que l'activité considérée soit parmi les meilleures, ou précisément s'il n'y en a pas de meilleures.

A priori, plus grande est la différence existant entre la probabilité théorique donnée par $\frac{b-c}{b-a}=\pi$ et la probabilité pratique $\frac{n}{N}=p$, moins bonne paraît l'activité choisie pour faire profiter l'organisme comme il convenait.

Le rapport du nombre des cas favorables $\frac{n}{N}=p$ de l'activité considérée, au nombre des cas possibles $\frac{b-c}{b-a}=\pi$.

$$\left(\frac{p}{\pi}=\mathrm{P}\right),$$

conçu d'après la valeur initiale et la valeur limite du caractère étudié pour atteindre une valeur intermédiaire escomptée, représente la probabilité qu'a l'activité d'égaler la probabilité théorique. L'efficacité d'une activité est donc en raison directe de cette probabilité. Dans l'exemple précédent,

$$\mathrm{P}=\frac{p}{\pi}=\frac{\frac{1}{7}}{\frac{1}{3}}=\frac{3}{7}.$$

La pratique suivie a un peu moins d'une chance sur deux d'atteindre la probabilité théorique pour le résultat cherché. La quantité P est uniquement une référence de l'activité choisie, non pas une mesure des chances de réaliser le résultat. Les établissements d'éducation physique et de sports devront s'inspirer de cette quantité pour perfectionner leurs disciplines.

En attribuant à l'efficacité d'une activité, le sens donné par le principe des probabilités totales, qu'une activité possède des chances d'autant plus nombreuses de faire profiter un organisme, qu'elle intéresse un plus grand nombre de caractères, on peut écrire :

$$P = \frac{p}{\pi} = \frac{\frac{n}{N}}{\frac{b-c}{b-a}} = \frac{(b-a)n}{(b-c)N} = \frac{\alpha + \beta + \cdots + \nu}{N},$$

où

$$\alpha + \beta + \cdots + \nu$$

désigne la somme des cas, c'est-à-dire des individus profitant de l'activité, N le nombre des cas également possibles, mais

$$\frac{(b-a)}{(b-c)} n = \alpha + \beta + \cdots + \nu = n'$$

où $\frac{n}{n'} = \frac{b-c}{b-a} = \pi.$

Le rapport du nombre des individus jouissant d'un seul résultat escompté au nombre de ceux jouissant de plusieurs résultats, correspondant à autant de caractères, est égal à la probabilité théorique d'obtenir le premier résultat.

Cet énoncé mathématiquement déduit de l'égalité de deux expressions de l'efficacité d'une activité se confirme dans toutes ses conséquences pratiques. En effet, quand $n' = n + \sigma$ (σ étant la somme des individus jouissant d'autant de résultats que l'activité intéresse de caractères, moins celui du résultat réalisé par n), et que σ est assez petit pour le négliger, $n = n'$, d'où $\frac{n}{n'} = 1 = \frac{b-c}{b-a}$; alors c tend vers a.

Effectivement, quand une activité ne confère sensiblement pas d'autres profits qu'un seul, l'accroissement de ce caractère, donc la transformation de a à c, reste assez petite, car en vertu du principe de la synergie fonctionnelle, concomittante ou non de manifestations cinétiques, et de l'équilibre morphologique, un notable changement dans un caractère fonctionnel, cinétique ou morphologique entraîne toujours des changements sur d'autres caractères.

Quand dans $n' = n + \sigma$, σ est très grand par rapport à n, on a pour $\frac{n}{n'}$, une très petite valeur; $\frac{b-c}{b-a}$ étant très petit exige que c soit voisin de b, ce qui revient à dire que la probabilité théorique de réaliser une amélioration escomptée, est d'autant plus faible que cette amélioration est grande ou conduit l'organisme à un état proche de la limite humaine. Puisque σ est très grand, cela signifie que lors d'une activité cherchant à réaliser un notable profit, toutes les fonctions physiologiques et leurs conséquences cinétiques et morphologiques se trouvent sollicitées à profiter, ce qui correspond bien aux faits observés.

Reprenons l'exemple précédent où

$$\pi = \frac{b-c}{b-a} = \frac{132-120}{132-100} = \frac{12}{32}$$

on a

$$\frac{n}{n'} = \pi = \frac{12}{32} = \frac{1}{2,66}.$$

On peut ainsi interpréter ce rapport : lorsqu'une activité physique permet à 10 organismes sur N d'une même catégorie d'avoir 120 de périmètre thoracique, l'efficacité de ses disciplines doit faire profiter relativement à d'autres caractères, dont celui du périmètre thoracique, 26 organismes sur N.

S'il s'agissait de réaliser 130, on aurait

$$\frac{132-130}{132-100} = \frac{2}{32} = \frac{1}{16} = \pi, \quad \frac{n}{n'} = \frac{1}{16}.$$

L'activité considérée, lorsqu'elle cherche de donner 130 de périmètre thoracique à un nombre N d'organismes, fait profiter de divers résultats correspondant à autant de caractères, 160 organismes dont 10 jouissent du seul caractère de l'augmentation de périmètre thoracique. On a donc cette conclusion physiologiquement évidente : davantage une activité cherche à faire atteindre par un nombre N les limites humaines d'un caractère, plus grand est le nombre (n') d'organismes jouissant de divers caractères.

Les développements du calcul donneraient d'autres conclusions intéressantes.

Quand dans l'expression de l'efficacité d'une activité

$$P = \frac{p}{\pi} = \frac{\frac{n}{N}}{\frac{b-c}{b-a}}$$

π, tend vers 1, parce que le résultat escompté c est voisin de la valeur initiale a du caractère considéré, l'efficacité de cette activité est donnée seulement par $\frac{n}{N} = p$. Elle ne dépend que du caractère considéré. Les disciplines d'une activité physique sont d'autant meilleures à l'organisme qu'elles cherchent une plus grande amélioration d'un caractère. Si $\frac{n}{N}$ tend vers 1 pour un caractère donné, l'efficacité de l'activité augmente avec

$$\frac{b-a}{b-c},$$

c'est-à-dire avec c voisin de b, donc aussi avec $\frac{n'}{N}$ où n'. Il convient de choisir le caractère dont

la plus grande amélioration possible entraîne les conséquences fonctionnelles, mécaniques et morphologiques les plus nombreuses.

L'application de la probabilité théorique est particulièrement féconde dans les pratiques sportives.

Un organisme manifeste sans s'être jamais exercé au sport qu'il désire pratiquer une performance initiale m, quelle est la probabilité pour qu'il réalise la performance n (généralement conférée par une pratique nécessaire et suffisante du sport), la limite humaine de la performance étant H? On a

$$\pi = \frac{H - n}{H - m}.$$

Un docteur, un directeur de stade ou de gymnase, peut immédiatement conseiller un postulant à l'activité considérée, d'après la lecture d'un tableau, surtout si celui-ci est établi par catégories et qu'on examine à quelle catégorie appartient l'organisme étudié. L'établissement des catégories dans les pratiques sportives pourrait être très simple, car il suffirait de considérer les caractères essentiels modifiant l'exécution des performances : taille, poids, coefficient pulmonaire, pression artérielle. Le calcul de π peut se faire sans la connaissance de catégories en tenant compte toutefois que la performance n correspond à celle réalisée par le plus grand nombre de sportifs, donc par une collection d'organismes déjà entraînés.

Quand on cherche la probabilité d'atteindre ou battre un record (théoriquement c'est la même chose puisque n devient pratiquement à peine supérieur à H) on ne peut plus calculer π d'après le rapport $\frac{H - n}{H - m}$, où n est très voisin de H.

On obtient la probabilité d'atteindre le record d'après le principe des probabilités composées. Elle est donnée par le produit de la probabilité d'atteindre une valeur intermédiaire par la probabilité d'atteindre une valeur très voisine du record, sachant que la valeur intermédiaire fut réalisée.

H = valeur record, m = valeur initiale, n = valeur intermédiaire, n' = valeur très voisine de la valeur record.

La première probabilité est donnée par $\frac{H - n}{H - m}$, et la seconde d'après le principe des probabilités composées par $\frac{H - n'}{n' - n}$.

Supposons le record d'un jeté en barre (aux poids et haltères),

soit 190 K = H, $m = 60$, $n = 100$, $n' = 180$.

On a

$$\pi = \frac{H - n}{H - m} \times \frac{H - n'}{n' - n}$$

$$\frac{190 - 100}{190 - 60} \times \frac{190 - 180}{180 - 100} = \frac{9}{13} \times \frac{1}{8} = \frac{9}{104} = \frac{1}{11,5}.$$

Pour un sujet plus fort, $m = 80$, $n = 130$ il vient

$$\frac{190 - 130}{190 - 80} \times \frac{190 - 180}{180 - 130} = \frac{6}{11} \times \frac{1}{5} = \frac{6}{55} = \frac{1}{9,17}.$$

Lorsque n est très grand par rapport à m, $m = 80$ $n = 170$ on a

$$\frac{190 - 170}{190 - 80} \times \frac{190 - 180}{180 - 170} = \frac{2}{11} \times \frac{1}{1} = \frac{1}{5,5}.$$

Nous ne pouvons ici discuter entièrement cette formule dont les conséquences du calcul sont nombreuses et intéressantes, mais il est clair que plus $H - n'$ est petit, plus faible est la probabilité d'atteindre le record. La quantité $H - n'$ aurait une signification d'énergitisme musculaire en écrivant $H - n'$ = moyenne des accroissements réalisant chaque nouveau record. Sachant par quels accroissements le tenant du record actuel établit celui-ci, en prenant la moyenne de ces valeurs on a

$$H - n' = \Delta \quad (n' = H - \Delta).$$

Supposons ici que la moyenne donne $\Delta = 2$ kgr.; il vient pour le dernier exemple :

$$\pi = \frac{H - n}{H - m} \times \frac{\Delta}{n' - n} = \frac{190 - 170}{190 - 80} \times \frac{2}{188 - 170}$$
$$= \frac{2}{11} \times \frac{2}{18} = \frac{4}{198} = = \frac{1}{49,5}.$$

L'individu étudié a une chance sur cinquante essais d'atteindre le record : et s'il se trouve dans les mêmes conditions énergétiques et fonctionnelles durant tous ces essais, il atteindra le record [1].

F. Cristofaro.

(1) Tous les calculs numériques de cette étude ne sont donnés qu'à titre d'exemple pour l'intelligence des proportions. En particulier, la discussion de la probabilité théorique d'atteindre un record tient le plus grand compte de n et de Δ, et surtout du choix de m.

BIBLIOGRAPHIE

ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Cassinis (G.). — **Calcoli numerici grafici e meccanichi.** — 1 *vol. grand-8° de* 672 *p., et* 166 *figures Mariotti Pacini, à Pise. Prix : 100 lire.*

Cet ouvrage se distingue par l'allure savante des problèmes qu'il traite. Assurément, on y trouve les principes des approximations numériques, les calculs exacts et approchés, les opérations arithmétiques élémentaires, avec indications sur les tables construites à cet effet, le nécessaire sur les calculs logarithmiques, la description des machines à additionner et à multiplier, mais les méthodes graphiques de calcul, par la règle à calcul, les abaques cartésiennes, polaires et hexagonales, les nomogrammes à points alignés, ont une importance égale aux yeux de l'auteur: et c'est justice.

A l'interpolation numérique et graphique directe et inverse, font suite les séries et un instrument de calcul trop oublié aujourd'hui : les fractions continues.

Les équations algébriques à une inconnue et les systèmes à plusieurs inconnues viennent ensuite avec rappel de procédés tels que la règle de fausse position, si utile pour l'approximation d'une racine, déjà localisée, d'une équation transcendante.

L'intégration et la dérivation approchée font l'objet d'une longue étude, tant par l'emploi des séries, des trapèzes, de la moyenne pondérée, que par les méthodes graphiques et les méthodes planimétriques : planimètre d'Amsler et autres appareils ayant le même but, intégromètres, intégraphe d'Abdansk-Abakanowicz, avec quelques pages sur l'approximation des intégrales multiples.

Un chapitre traite des principales fonctions transcendantes : hyperboliques, gamma, intégrale de Gauss, fonctions sphériques, polynomes de Legendre et leurs applications, fonctions cylindriques, intégrales et fonctions elliptiques, hyperlogarithmes, intégrales de Fresnel.

L'intégration approchée des équations différentielles par les séries, l'extrapolation, les méthodes graphiques, les méthodes mécaniques, l'intégration approchée des équations différentielles nous font pénétrer dans un domaine extrêmement vaste, que suivent l'exposé du calcul vectoriel, des éléments de calcul des probabilités, la méthode des moindres carrés, la méthode de compensation des observations.

Le dernier chapitre traite de la représentation empirique des résultats expérimentaux, tant pour les phénomènes apériodiques que pour les phénomènes périodiques. L'analyse harmonique est particulièrement étudiée avec les méthodes de Fourier, Runge-Emde, Zipperer, Clifford, Houston et Kenelly, Henrici-Coradi, Mader, Tavanti.

Qu'il nous soit permis de dire ici que l'engouement de certains statisticienss pour les représentations des phénomènes naturels par des superpositions de sinusoïdes nous surprend, même dans le cas où la périodicité est certaine. On connaît si peu de phénomènes représentables par une sinusoïde, qu'on peut se demander si la sinusoïde simple est une de ces lois fondamentales de la nature qui se présentent constamment : tel n'est pas notre avis. Que dire alors de l'objectivité de courbes formées de sinusoïdes superposées? Il est même facile de montrer que des successions complètement arbitraires de fréquences peuvent se ramener à des superpositions de sinusoïdes. Du point de vue de la statistique mathématique, une sérieuse révision de l'analyse harmonique s'imposerait.

Cette longue énumération des sujets traités montre quel intérêt considérable s'attache au livre de M. G. Cassinis; il est constamment soutenu par un exposé clair et par de nombreux exercices proposés.

Un index alphabétique de 9 pages termine le volume.

R. de Montessus de Ballore,
Docteur ès sciences.

***

Milhaud (Georges) et **Pouget** (Edouard). — **Cours de Géométrie analytique.** — 1 *vol. in-8° de* 616 *pages. Delagrave, éditeur, Paris,* 1931.

Depuis plusieurs années on peut observer que dans les classes de mathématiques spéciales l'enseignement de la géométrie analytique s'est singulièrement transformé.

Celle-ci n'est plus considérée comme un moyen de démonstration se superposant à la géométrie ordinaire. Elle est devenue un instrument de découverte et par suite, quand elle traite des choses anciennes, elle les présente sous un angle nouveau; c'est ainsi que la conception qui relie la géométrie à la notion des groupes de transformation lui est due pour une grande part : ainsi la géométrie métrique correspond à la similitude, la géométrie linéaire à la transformation affine, la géométrie projective à l'homographie, etc... Les programmes ne parlent pas encore de cette nouvelle conception, et malgré cela cependant elle pénètre plus ou moins dans l'enseignement.

Dans ce cours, sans faire des transformations l'idée directrice qui pourrait en relier les différentes parties, les auteurs ne laissent pas ignorer le rôle éminent que joue la géométrie analytique quand elle fait appel à l'esprit géométrique.

Ils saisissent toutes les occasions de fournir les interprétations géométriques; ils indiquent les éléments des transformations usuelles; ils insistent

sur les propriétés projectives des coniques et des quadriques; ils donnent quelques développements au principe de dualité. Si les auteurs n'ont pas été jusqu'au bout, c'est qu'ils n'ont pas voulu trop s'éloigner des procédés classiques.

Un autre bouleversement de l'enseignement de la géométrie analytique vient aussi de l'introduction des méthodes vectorielles. Ici les auteurs ont agi avec une extrême prudence que justifie l'état actuel de la question. Aussi, en maints endroits leur raisonnement reste analytique, le symbolisme vectoriel étant utilisé pour concentrer en quelque sorte le résultat.

La première partie de ce livre comprend l'étude des grandeurs orientées de la droite et du plan, du cercle et de la sphère, et se termine par celle de l'homographie et celle de l'involution.

La deuxième partie comprend la théorie des courbes et des surfaces; la recherche des lieux géométriques, des enveloppes, la détermination des courbes planes définies par des équations différentielles. Les propriétés classiques de certaines courbes planes remarquables y ont été réunies dans un même chapitre.

L'étude des coniques et des quadriques fait l'objet de la troisième partie. L'ensemble des propriétés exposées dans les traités classiques n'a pas été repris ici, mais il a été indiqué les propriétés de l'intersection des quadriques qui sont d'une application fréquente en géométrie descriptive. Cette troisième partie a été volontairement abrégée pour se conformer à l'esprit des programmes de mathématiques spéciales.

Les auteurs ont voulu faire avant tout une œuvre didactique en s'éloignant le moins possible des procédés classiques, mais ils n'ont pas hésité à les modifier là où ils paraissaient compliqués et peu expressifs. Ce cours est une œuvre de transition entre les traités classiques que nous connaissons, et les ouvrages que nous réserve l'avenir.

Ces deux auteurs, dont l'enseignement est si connu et si apprécié depuis bien longtemps, ont rédigé un cours aussi remarquable par sa clarté que par sa nouveauté, et appelé à rendre les plus grands services aux élèves.

L. P.

2° Sciences physiques.

Fraser Ronald (G. J.). — **Molecular Rays** (*Rayons moléculaires*). 1 *vol. in-8° de* 204 *p., Cambridge University Press*, 1931. (*Prix* 12 *sh.* 6).

Ce livre fait partie de la Collection de Chimie-Physique publiée par l'Université de Cambridge sous la direction de M. Rideal. Il est l'œuvre d'un physicien qui a suivi de très près les travaux originaux de Stern et des nombreux collaborateurs qui ont complété son œuvre à l'Institut de Chimie Physique de Hambourg. Aussi peut-on le considérer comme une mise au point tout à fait satisfaisante de toutes les questions qui se rattachent au sujet des jets gazeux unidirectionnels. On sait que les premières études relatives à ces jets ont été faites par Dunoyer, à qui M. Fraser rend très justement hommage. Elles ont été reprises et développées dans maintes directions, surtout depuis les célèbres expériences de Stern et Gerlach, qui ont montré la possibilité de mesurer sur des jets atomiques le magnéton de Bohr. Mais cette brillante application n'est pas la seule qui puisse être faite des propriétés des rayons moléculaires. A cause de la simplicité de leur structure, ces jets réalisent un cas particulier de la théorie cinétique des gaz où l'on évite presque totalement les collisions, les élargissements par effet Doppler, etc. De là la possibilité d'utiliser ces jets à la vérification de diverses théories quantiques (moment électrique et magnétique des molécules, spins des noyaux, isotopie, etc.), de même qu'au contrôle des idées classiques sur l'effusion moléculaire, l'adsorption superficielle des gaz, les équilibres chimiques, etc. La présente monographie donne une idée très complète de ces diverses applications, que l'auteur discute avec beaucoup de compétence et d'esprit critique. Un chapitre particulièrement intéressant est consacré aux expériences récentes sur la diffraction des rayons moléculaires par les cristaux. Un autre chapitre purement expérimental expose très clairement les types de montages nécessaires pour la production et la nature des jets gazeux unidirectionnels. Les rapports avec la théorie cinétique des gaz sont expliqués simplement et d'une façon suggestive. De nombreuses figures et quelques belles planches photographiques donnent à l'ouvrage un agrément très appréciable. Une courte préface de Stern souligne, avec justesse, l'intérêt que présentent dans de nombreux domaines les dispositifs utilisant les rayons moléculaires.

L. B.

***

Zworykin et **Wilson**. — **Les cellules photo-électriques et leurs applications**. — 1 *vol. in-8° de* 177 *pages. Traduit par M. Malgorn. Dunod, éditeur, Paris*, 1931.

La découverte de l'effet photo-électrique est une excellente illustration des méthodes scientifiques et la cellule photo-électrique est appelée à jouer un rôle extrêmement important.

Inventée avant le tube thermo-ionique la cellule photo-électrique est restée longtemps sans donner lieu à de grands progrès; mais dès que fut découverte la possibilité d'amplifier de façon efficace et fidèle les faibles courants photo-électriques, au moyen des tubes thermo-ioniques la cellule photo-électrique entra dans une phase active d'applications. Cependant, le public est assez peu familiarisé avec la cellule photo-électrique et ce n'est que dans certains laboratoires qu'elle est devenue d'un usage courant. Il convient pourtant que l'on connaisse enfin ses caractéristiques normales et ses particularités.

C'est là le but que se sont proposés les auteurs de ce livre qui ont essayé de rassembler les ren-

seignements sûrs dispersés dans des milliers d'articles étrangers et d'en présenter le résumé après une sérieuse discrimination.

Le technicien, comme le lecteur non spécialisé, trouveront dans les 14 chapitres qui constituent l'ouvrage après un historique très exact de la photo-cellule, tous les renseignements voulus sur son mode de fonctionnement et ses divers applications.

L'ouvrage a été en général correctement traduit. On y trouve cependant quelques petites négligences comme celles-ci : « bougie-pied » « lambert-pied » qui ne conviennent guère à un pays où le système métrique est en usage depuis si longtemps.

L. P.

***

Coker (E. G.) et **Filon** (L. N. G.). — **A Treatise on photo-elasticity (Traité de photo-élasticité).** — *1 vol. grand in-8° de 720 p., Cambridge University Press*, 1931 (*Prix : 50 shillings*).

Ce beau livre, édité avec le luxe d'impression et de figures qui caractérise la collection de la Cambridge Press, a pour objet de faire connaître les progrès rapides accomplis durant ces dernières années dans la science toute nouvelle de la photo-élasticité. Les nombreuses applications qui ont déjà été faites dans le domaine industriel et dans le domaine physique rendaient nécessaire de faire un exposé systématique du sujet, avec indication précise des références les plus utiles. La première partie du livre traite avec détail les éléments de la théorie de l'élasticité et de la théorie de l'optique physique, sans négliger la partie mathématique de la question. Les chapitres suivants sont relatifs à divers problèmes d'intérêt scientifique et pratique, et ont été classés de façon à permettre aux ingénieurs de retrouver aisément les problèmes qui les intéressent. La théorie de la double réfraction artificielle est développée d'une façon remarquablement claire et approfondie. Un chapitre spécial est consacré à certains problèmes-plans impliquant des frontières rectilignes ou circulaires. L'étude photo-élastique de la flexion des poutres est exposée avec de nombreuses illustrations, dont quelques hors texte en couleur qui sont particulièrement réussis. L'étude des trous, des craquelures, l'essai des matériaux, l'examen des charpentes et des machines forment l'objet de divers chapitres d'un très grand intérêt pratique. L'ensemble de l'ouvrage se caractérise par un constant mélange des développements théoriques et des illustrations pratiques. Le fait que cet exposé est le premier qui soit vraiment complet vient s'ajouter au fait qu'il est l'œuvre de deux savants particulièrement qualifiés pour donner à l'ouvrage le caractère d'un traité classique. Son prix paraîtra un peu élevé au lecteur français, mais nous sommes certain que ce dernier en tirera un large bénéfice au point de vue didactique et documentaire.

L. B.

***

McBain (J.-W.). — **The sorption of gases and vapours by solids.** — *1 vol. 8° relié de* XII-577 *p. avec* 151 *fig. et deux Index alphabétiques (Auteurs, matières). London, G. Routlege et Sons*, 1932. (*Prix : 25 s.*)

Cet ouvrage paraît être le plus complet qui décrive cet important sujet, si intimement lié aux théories générales de la Physique et de la Chimie, dont les applications aux Arts et à l'Industrie sont d'une si grande importance.

Une des grandes difficultés de la matière est l'appréciation rigoureuse, non seulement de la pureté chimique du solvant, mais encore de la nature physique et chimique de sa surface, dont les propriétés d'absorption varient avec la moindre altération, même ne s'étendant, en profondeur, qu'à un petit nombre d'unités Angstrom.

L'Introduction nous donne un aperçu historique de la question, mentionnée pour la première fois par Scheele en 1773 et des différentes méthodes de mesure.

Une deuxième partie traite des principes généraux et de l'absorption par divers corps, dont nous citerons la silice, le verre, le quartz, le feldspath, le mica, le chlorure de sodium, le fluorure de calcium, le sucre; puis les métaux : mercure liquide, platine, fer, palladium, alcalins; la cellulose et ses dérivés. La troisième partie traite des hypothèses et de la théorie de l'absorption : condensation capillaire, catalyse et interprétation électrique surtout.

Les gaz étudiés sont l'oxyde de carbone, l'ammoniaque, l'oxygène, les dérivés de l'azote, la vapeur d'eau, l'hydrogène, principalement.

L'influence de la température, celle de la pression aussi sont signalées.

Les graphiques éclairent parfaitement bien les résultats expérimentaux obtenus. L'auteur s'est complu à dresser une vaste bibliographie qui donne l'idée des travaux considérables effectués sur le sujet; les sources sont indiquées à la place propre qui convient, au bas des pages, ce qui est mieux que les placer à la fin des chapitres ou même de l'ouvrage.

B. M.

***

Photochemical Processes (les Processus photochimiques) Discussion générale tenue à la Faraday Society, avril 1931. — *1 vol. de 220 pages édité par la Faraday Society* (*Prix : 10 sh. 6 d.*).

Continuant l'intéressante tradition qu'elle a instituée en consacrant des discussions générales à certains problèmes d'actualité physico chimique, la Société Faraday a pris comme sujet de son Congrès de Liverpool (17 et 18 avril 1931) le programme suivant : Première partie, Spectres moléculaires en rapport avec les changements photochimiques; — Deuxième partie : Cinétique photochimique dans les systèmes gazeux; — Troisième partie : Changements photo-

chimiques dans les liquides et les solides; — Quatrième partie : Photosynthèse.

De très nombreux chimistes et physiciens ont pris part à la rédaction et à la discussion des rapports, de sorte que la publication représente bien l'état actuel de la question, comme la conçoivent les spécialistes les plus compétents. Parmi les rapports d'un caractère général particulièrement intéressant, nous citerons les exposés d'ensemble de Mecke, de Bodenstein, de Berthoud et de Baly. L'équilibre photochimique de l'ozone dans l'atmosphère a été étudié par Mecke, les spectres d'absorption ultraviolets de l'acétylène et de l'aldéhyde formique par Herzberg, ceux des hydrures du second groupe par Goodeve et Stein, les propriétés chimiques du groupe carbonyle par Kirkbride et Norrish. Les combinaisons photochimiques du chlore, de l'hydrogène et de l'oxygène font l'objet des travaux de Bodenstein, Gadye, Frankenburger, Grifiths, Norrish, Rollefson, Bateman et Crags, Bates et Spence, etc. Les décompositions photochimiques au sein des liquides et des solides font l'objet de communications intéressantes de Ioung, Style, Bowden, Allmand, etc. L'image latente photographique est étudiée par des spécialistes comme Eggert et Weigert. Les applications biologiques de la photosynthèse sont traitées par Warburg, Dhar, Rao, Wazda, Frankenburger, etc.

Nous regrettons que les physicochimistes français n'aient pas été amenés à prendre une part active à ce Congrès, dont les travaux ont été importants, et dont les résultats ont été condensés d'une façon claire et suggestive dans le livre que nous recommandons ici à nos lecteurs.

L. B.

3° Sciences naturelles.

Lacroix (A.), *Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.* — **Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle.** Numéro spécial consacré à la Minéralogie de la France d'Outre-Mer. — *Masson et Cie, éditeurs, Paris,* 1931.

En constituant des séries de minéraux et des roches des colonies françaises, M. Lacroix ne s'est pas proposé seulement d'enrichir une sorte de Campo Santo où des minéraux et des roches exactement déterminés dans des catalogues, seraient simplement exposés.

Il a voulu surtout étudier ces documents et décrire ceux qui en valaient la peine. Aussi la collection des minéraux et des roches des colonies comme celle de la Métropole est devenue une collection de types souvent uniques. La bibliographie qui accompagne cet exposé fournit le bilan des résultats obtenus depuis trente ans, par le savant professeur et ses élèves pour toutes les colonies. Les travaux qui figurent sur cette liste constituent ce qui a été publié de plus important sur la question.

A l'occasion de l'Exposition coloniale internationale il eût été intéressant de réunir tous les minéraux en un seul ensemble; mais ceux-ci classés, non par ordre géographique mais suivant une méthode systématique basée sur leur composition et leur forme cristalline, ne se prêtaient pas à ce projet.

M. Lacroix a donc cherché un autre moyen de mettre en évidence les productions minérales des colonies françaises.

C'est dans ce but qu'il a rédigé le présent exposé qui, du point de vue théorique, comme du point de vûe pratique, présente un gros intérêt.

Les minéraux considérés en eux-mêmes qui constituent la collection de Minéralogie proprement dite, puis les minéraux associés pour fournir les roches c'est-à-dire la lithologie sont ici passés successivement en revue.

Il sera facile aux lecteurs de reconnaître au premier coup d'œil dans la Galerie du Muséum les minéraux de nos colonies grâce au cadre bleu de leur étiquette.

L. Potin.

***

Lacroix (A.), *Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences.* — **Collection de Minéralogie du Muséum d'Histoire naturelle.** — 1 *vol. in-8° de* 136 *pages. Masson et Cie, éditeurs, Paris,* 1931.

L'enseignement de la Minéralogie ne peut être uniquement livresque, et la seule façon pour un étudiant de s'initier à cette science si captivante est de fréquenter les laboratoires, et de visiter les collections.

La collection du Muséum, une des plus riches qui soient, dont l'auteur a la direction, et qui n'a cessé de s'accroître depuis sa formation en 1793, par l'adjonction de plusieurs grandes collections particulières, par les achats annuels et par des dons, ne peut être visitée utilement qu'à l'aide d'un catalogue.

Le catalogue de la collection de Minéralogie du Muséum a paru pour la première fois en 1896, et depuis l'édition précédente plusieurs importantes séries ont été constituées, de nombreuses espèces introduites dans la collection systématique qui subit constamment les correctifs rendus nécessaires par les progrès des sciences. Afin de rendre ce catalogue plus profitable, les principes données inscrites dans la Collection, en tête de chaque espèce, ont été reproduites dans sa première partie, constituant ainsi une liste systématique de tous les minéraux représentés au Muséum.

Une table alphabétique des espèces et variétés contenues dans la collection générale figurent en fin de cette brochure, précieuse pour les étudiants et les visiteurs, avec l'indication des numéros des vitrines qui les renferment.

L. P.

ACADÉMIES ET SOCIÉTÉS SAVANTES
DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 23 Novembre 1931.

1° Sciences mathématiques. — M. **Paul Montel**: *Sur la limite supérieure des modules des zéros des polynomes.* — M. **Edouard Cech** : *Sur la théorie de la dimension.* — M. **Maurice Janet**: *Sur le minimum du rapport de certaines intégrales.* — MM. **J. A. Lappo-Danilevski** : *La décomposition de la matrice intégrale normale d'un système d'équations différentielles linéaires et la construction de la matrice primitive.* — M. **Jacques Devisme**: *Sur quelques équations aux dérivées partielles.* — M. **Abramesco** : *Sur le facteur de convergence uniforme de M. Leja d'une série de polynomes.* — M. **R. Mazet**: *Sur l'unicité de la solution des problèmes de frottement.* — M. **Constantin Woronetz** : *Lignes de glissement sur un cylindre.* — M. **J. Baurand** : *Sur les ondes périodiques à la surface de l'eau.* — MM. **J. Dufay** et **R. Gindre** : Omicron Herculis, *Etoile variable d'amplitude très faible.* — MM. **F. Link** et **J. Devaux** : *Etude photométrique et actinométrique de la Lune pendant l'éclipse du 26 septembre 1931.* — M. **Louis Bréguet** : *Suspension aérodynamique du véhicule aérien.*

2° Sciences physiques. — MM. **Paul Woog**, **Jean Givaudon** et Mlle **Emilie Ganster** : *Vernis neutralisants, propriétés d'orientation de leurs molécules superficielles, polissage moléculaire.* — M. **Guy Emschwiller** : *Sur le mécanisme de la photolyse des iodures d'alcoyle.* — M. **D. K. Yovanovitch** et **P. Savitch** : *Sur l'étude calorimétrique de l'absorption des rayons γ du radium.* — Mlle **M.-Th. François**: *Sur les anomalies observées dans l'emploi du benzène et du nitrobenzène en cryoscopie.* Le benzène et le nitrobenzène ne possèdent pas, comme il l'avait été supposé, deux constantes K, l'une normale, s'appliquant à la plupart des corps organiques, l'autre anormale sensiblement égale à la moitié de la première et relative aux composés oxydrylés. A mesure qu'on s'élève dans la série des acides aliphatiques à nombre pair ou impair d'atomes de carbone, la valeur de la quantité K regardée comme constante augmente d'une manière progressive jusqu'à atteindre ou dépasser pour les termes en C^{14} et en C^{16} le nombre communément adopté. — MM. **Augustin Boutaric** et **Charles Tourneur** : *Sur l'étude des solutions colloïdales par la polarisation de la lumière qu'elles diffusent.* — M. **G. Austerwiel** : *Préparation et purification de sels par l'emploi des zéolithes.* Le but de la présente Note est d'essayer de donner une explication simple de la réaction qui régit l'échange de bases entre alumino-hydrosilicates et solutions de sels ionisés. Sa conclusion est que la réaction d'échange de bases peut parfaitement se prêter à la préparation et la purification de sels. Le mécanisme de cette réaction est réglé par le même principe que celui qui règle l'extraction par solvants et dépend, comme celui-ci, de solubilités ; dans le cas de l'échange de bases, la réaction est réglée par la solubilité des zéolithes présentes ou se formant au courant de la réaction même. — M. **J. Golse** : *Réduction du cyanure de mercure par l'étain en présence de certains sels métalliques.* — M. **E. Kahane** : *Sur la possibilité de détruire des quantités importantes de substances organiques au moyen de l'acide perchlorique.* — M. **E. M. Bellet** : *Sur le dédoublement des éthers-sels par les alcools en milieu faiblement alcalin.* Toutes les fois qu'un éther-sel dérivé d'alcool à poids moléculaire élevé se trouve en présence d'un alcool à poids moléculaire plus faible en milieu légèrement alcalin, il y a entre ces deux alcools une transposition mettant en liberté l'alcool à poids moléculaire élevé. — MM. **André Kling** et **Daniel Florentin** : *Sur le mode d'action des catalyseurs hydrogénants et myxtes dans le cracking hydrogénant des phénols.*

3° Sciences naturelles. — M. **Dalloni** : *Constitution géologique du Tibesti : Le substratum antécambrien.* Le substratum du Tibesti présente une analogie de constitution frappante avec les formations anciennes couvrant d'immenses espaces dans les pays voisins, où l'on a signalé les mêmes granites, diorites et roches filoniennes ainsi que des schistes et des grès ; on note cependant au Tibesti des accidents calcaires, très rares dans l'ouest de l'Afrique et le bassin du Tchad. La tectonique de ces vieux massifs est très uniforme ; les plissements du Tibesti sont parallèles à ceux de l'Ouadaï. — M. **H. Le Breton** : *La ligne côtière d'âge postnéolitique dans le Xu-Nghé et dans les Trois Quang du Nord (Indochine française).* Au Néolitique ces deux pays étaient des golfes s'avançant, à l'ouest jusqu'à la région montagneuse. Suivant la corde de l'arc de chacun de ces golfes, se seraient édifiées des barres sous-marines, formant la bordure orientale de la plate-forme continentale. Par le fait même du soulèvement postérieur, ces bourrelets auraient constitué des flèches littorales, isolant des lagunes. A une côte découpée aurait ainsi succédé une côte rectiligne. Cette nouvelle côte, maintenue en équilibre depuis son émersion, ne serait suivie que d'une marge relativement minime d'apports marins postérieurs masquée en grande partie par des dunes très modernes. — M. **Chadefaud** : *Sur la signification morphologique du stigma des zoospores et des zoogamètes chez les Hétérokontes et les Phéophycées.* Le stigma des organismes flagellés doit être rattaché au plastidome. Le stigma n'est jamais un carotinoplaste. C'est un organite élaboré par un plaste, mais bien distinct de ce dernier. C'est un corpuscule par lui-même incolore, que l'auteur appelle *leucostigma*, imprégné secondairement de pigments carotinoïdes. Ces conclusions ont été déduites d'observations relatives aux zoospores et aux zoogamètes de diverses Algues, ainsi qu'à quelques Flagellates. — M. **C. Sauvageau** : *Sur la troisième sorte d'organes pluriloculaires de* l'Ectocarpus secundus *Kütz.* En septembre et en octobre dernier l'auteur a récolté des *Ectocarpus secundus*, encore fertiles. Ils ne

montraient plus d'anthéridies mais les oogones étaient remplacés par d'autres organes pluriloculaires aussi foncés, aussi ventrus, de même forme et de même situation qu'eux, mais cloisonnés en logettes plus petites. Au lieu de donner de grosses oosphères, ils fournissaient des zoospores plus petites, pourvues d'un chromatophore unique et qui passaient à l'état d'embryospores. Les oogones ou mégasporanges étaient donc remplacés par des méiosporanges. — M. **Théodureto de Camargo** : *Influence du rapport* $\frac{potasse}{azote}$ *sur le développement du caféier pendant la première période de végétation*. Si l'on fournit à un jeune caféier de la potasse et de l'azote en proportions variables on constate que le rapport optimum de ces éléments est compris entre 0,5 et 1. La variation de ce rapport influe sur la composition des cendres. Les quantités d'albumine, de saccharose, d'amidon et de cellulose contenues dans les feuilles varient dans le même sens qe le poids des plantes, c'est-à-dire présentent un maximum pour $\frac{K^2O}{N} = 1$ tandis que les quantités de glucose et de méthylpentoses varient en sens inverse de ce rapport. — M. **Emile F. Terroine** et Mlle **Germaine Boy** : *La répartition des composés azotés de l'urine dans la dépense azotée endogène minima et dans l'alimentation protéique ; le problème de l'existence et de la grandeur des réserves albuminoïdes.* Il paraît bien démontré que la rétention d'azote que l'on observe losqu'on passe d'un régime pauvre à un régime riche en aliments protéiques comporte la formation de véritables albumines de réserve, non intégrées aux tissus ; mais c'est là un fait de très minime importance quantitative. C'est essentiellement à la formation et à la disparition de tissus organisés qu'il faut rapporter les gains ou les pertes d'azote que fait l'organisme lors des changements de régime alimentaire. — Mme **Marcelle Lapicque** : *Chronaxie de subordination chez un invertébré*. Les centres nerveux en bon état maintiennent dans les nerfs moteurs du pied de l'Escargot une chronaxie diminuée qui est bien l'homologue de la chronaxie de subordination constatée chez les Vertébrés. L'origine de cette action est localisée dans les ganglions sus-œsophagiens. — Mme **H. Heldt** : *Observations sur la ponte, la fécondation et les premiers stades du développement de l'œuf chez* Penaeus caramote *Risso*. — M. **Maurice Piettre** : *A propos de l'état physique des phosphates calciques dans le lait ; le fractionnement de leurs micelles conduit à l'existence de la caséine libre de chaux et de combinaison phosphatée calcique.* Par de simples moyens physiques, centrifugation, congélation et surtout par dialyse contre eau, glycérine ou saccharose on peut déjà pousser assez loin le fractionnement des micelles du phosphate tricalcique du lait. L'emploi de citrates di et trisodique conduit à une caséine contenant seulement des traces de CaO. Dans le lait toute la chaux semble donc exister à l'état de phosphate tricalcique, et il ne semble pas que dans la caséine la chaux soit liée à un oxydrile phosphorique. — MM. **H. Vincent** et **L. Velluz** : *Sur les propriétés immunigènes de la cryptotoxine di-iodosalicylique.* La cryptotoxine di-iodosalicylique est capable de conférer rapidement une immunité très forte contre la toxine tétanique pure à un animal très sensible : le Cobaye. Le di-iodosalicylate de sodium possède donc, à un degré très élevé le pouvoir de convertir une toxine en cryptotoxine : il neutralise la toxine tétanique ; celle-ci est alors dissimulée mais non détruite ; enfin le complexe ainsi formé, bien que non toxiqne, a conservé sa propriété antigène et immunise rapidement les animaux. — M. **Bordier** : *Sur un nouvel hélio-actinomètre.* Ce dosimètre héliométrique est basé sur le virage d'une solution chloroformique d'iodoforme sous l'influence des rayons photochimiques solaires. D'incolore cette solution devient mauve et la coloration se fonce d'autant plus que la quantité de lumière reçue est plus grande. L'auteur propose pour *unité héliométrique* la quantité de lumière capable de libérer 1 cgr. d'iode pour cent de la solution d'iodoforme. Le nombre d'unités correspondant à une minute d'exposition à la lumière solaire serait l'*indice héliométrique*. — M. **J. André Thomas** : *Production de tumeurs d'apparence sarcomateuse chez l'annélide* Nereis diversicolor *O. F. M. par inoculation de* Bacterium tumefaciens. Le *Bacterium tumefaciens* peut provoquer chez *Nereis diversicolor* des tumeurs d'apparence sarcomateuse. Il subit alors une transformation en granules qui parasitent les cellules tumorales, et paraissent provoquer dans ce cas, leur multiplication.

SOCIETE FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 20 *Novembre* 1931.

M. **J.-J. Trillat** : *Appareillage pour l'étude de la diffraction des électrons jusqu'à 130.000 volts.* La partie cathodique de l'appareil est constituée soit par un tube Coolidge comportant un filament spiralé et une pièce de concentration réglable, soit par un tube à gaz dont la cathode est réglée pour obtenir un régime stable à des concentrations élevées ; le tube est alors immergé dans 50 litres d'huile. L'alimentation se fait par un générateur à tension constante ou une grosse bobine d'induction. La partie anodique est formée par un tube de laiton, de 8 cm. de diamètre et 40 cm. de longueur, avec porte-plaque rotatif et collimateur de 12 cm., percé de 2 trous de 1/10 de mm. et refroidi par l'eau. Le réglage se fait au moyen d'un aimant permanent ou d'électro-aimants. — MM. **J.-J. Trillat** et **T. von Hirsch** : *Diffraction des électrons par des cristaux uniques.* Avec l'appareil précédent, les auteurs ont étudié la diffraction par des feuilles d'or battu obtenues par martelage (épaisseur 0,1 μ environ) d'électrons monocinétiques de 50 kilovolts (longueur d'onde 0,05 A). Les clichés, formés d'anneaux concentriques, obtenus en déplaçant la feuille pendant la pose donnent la structure moyenne, la diffration étant produite par un grand nombre de cristaux. Les auteurs ont reconnu ainsi que dans les feuilles d'or battu tous les cristaux sont orientés avec la direction 100 (arête du cube) perpendiculaire à la feuille, cette orientation étant un effet du martelage. Avec la feuille d'or immobile on obtient un diagramme consistant en taches isolées dont la répartition autour du spot primaire indique un axe de symétrie quaternaire. Dans ce cas, la diffraction du faisceau d'électrons est produite par un cristal unique d'or, dont la direction 100 est perpendiculaire à la feuille, donc parallèle au faisceau primaire. Toutefois la position

des taches indique que le cristal est légèrement courbé. Le recuit de la feuille d'or provoque la disparition de nombreuses taches et la diminution de l'allongement des autres, ce qui indique que le réseau cristallin courbé se reforme progressivement. — M. **Matricon** : *Micromanomètre thermique*. L'auteur donne une théorie sommaire d'appareils de mesure du vide basés sur le principe suivant : Aux très basses pressions, lorsque le libre parcours moyen des molécules est de l'ordre de grandeur des dimensions des appareils, la conductibilité calorifique des gaz diminue avec la pression. Il s'ensuit qu'un filament chauffé dans le vide perd plus ou moins de chaleur par conductibilité gazeuse selon que la pression du gaz qui l'entoure est plus ou moins élevée. On peut donc relever la relation qui existe entre la température du filament et la pression du gaz dans l'enceinte, et connaissant l'une en déduire l'autre. Le micromanomètre thermique est ainsi réalisé : Le filament est formé par une suite alternée de fils de nichrome et de constantan. Les soudures paires sont maintenues froides par leur contact avec des supports volumineux enrobés dans le verre. Les soudures impaires sont aussi éloignées que possible des soudures froides. On chauffe un filament ainsi constitué par un courant électrique alternatif. De la différence entre les températures des soudures paires et impaires résulte une force électromotrice thermo-électrique, dont la mesure, au moyen d'un millivoltmètre sensible au courant continu, conduira au résultat cherché.

Séance du 4 Décembre 1931.

M. **F. Holweck** : *Nouveau modèle de pendule Holweck-Lejay. Valeur de la gravité en quelques points de la France continentale et de la Corse*. L'auteur décrit les modifications successivement apportées aux premiers modèles de pendules élastiques, pour arriver au modèle actuel qui permet d'obtenir g à 2.10^{-6} près en mesurant le temps avec une précision de 0,1 seconde en 15 minutes. L'appareil a été éprouvé à Paris et au cours d'une campagne d'essais en France et en Corse. — M. **P. Vernotte** : *Sur l'équation de la chaleur*. L'auteur montre que, dans le montage nouveau qu'il a décrit sous le nom de double mur (un chauffoir électrique infiniment plat serré entre deux disques de métal isolés différemment du milieu extérieur, y déverse un flux de chaleur parfaitement connu), les mouvements de la chaleur peuvent être complètement différents de ceux indiqués par Fourier, et qu'on peut tirer de la théorie de la chaleur formulée par ce savant des conséquences absurdes. L'auteur fait voir ensuite dans quelles conditions on peut arriver à intégrer l'équation non simplifiée de la chaleur.

L. B.

ACADÉMIE DES SCIENCES DE VIENNE

Principales communications du 2e semestre 1931.

(*Fin.*)

Sciences naturelles. — MM. **E. Dittler** et **O. Kühn** : *Sur la genèse de la bauxite de la vallée supérieure de la Sann*. Les observations des auteurs montrent que cette bauxite ne résulte pas de la transformation des résidus argileux du calcaire triasique, recouverts plus tard par des andésites, mais constitue le dernier résidu de dissolution de l'andésite même. — Mlle **Th. Senekovic** : *Sur la formation de cals sur les plantes herbacées. I: Phaseolus vulgaris*. Six sortes de *Phaseolus* sont capables de former des cals après lésion d'une partie quelconque de la plante. Le cal est en général d'autant plus gros que l'organe lésé est inséré plus profondément dans la plante. La masse du cal est en relation avec la quantité des substances nutritives existant dans la plante. Les tissus suivants prennent part à la formation du cal : la moelle d'abord, puis le cambium ; l'intervention du parenchyme de l'écorce est presque nulle. — Mlle **G. Rzimann** : *Essais de régénération et de transplantation sur le Daucus carotta*. Les racines de *Daucus carotta*, fendues longitudinalement, se régénèrent en organes extérieurement normaux, quoique à formation non complètement radiale. La régénération est le résultat de l'activité de deux méristèmes : un méristème de bord ou de lésion, qui sert à la cicatrisation et au rétablissement du périderme, et un méristème interne entre les deux extrémités cambiales, qui complète le cylindre central. Les racines de *Daucus*, fendues longitudinalement et et dont les deux moitiés sont rapprochées, croissent dans des circonstances favorables en un corps unique, mais avec des excroissances visibles. — M. **A. Zeller** : *Essais de résistance sur les Algues rouges*. L'auteur a constaté que la durée de la vie de *Rhodomela subfusca* va en augmentant dans les mélanges salins tampon, isotoniques avec l'eau de mer et composés des sels suivants : Na Cl ; Na Cl + KCl ; Na Cl + Mg Cl^2 + Mg SO^4 ; Na Cl + Ca Cl^2 ; Na Cl + KCl + Mg Cl^2 + Mg SO^4 ; Na Cl + KCl + Ca Cl^2 ; Na Cl + Ca Cl^2 + Mg Cl^2 + Mg SO^4 ; Na Cl + KCl + Ca Cl^2 + Mg Cl^2 ; Na Cl + KCl + Ca Cl^2 + Mg Cl^2 + Mg SO^4 (eau de mer artificielle complète). Cette série concorde avec celle qu'Ostwald a trouvée pour un *Gammarus*. — MM. **J. Kisser** et **M. Lorenz** : *Excitation chimique de la germination de Pisum et de Triticum dans les conditions optima de germination*. Les excitants expérimentés ont été l'alcool éthylique, l'éther éthylique, le sulfate et le chlorure de Mn, le chlorure de Mg et le sulfate de Zn. Tous, à l'exception de l'éther, ont exercé une action stimulante à des concentrations déterminées et après une certaine durée d'action. Les sels de Mn et l'alcool éthylique se sont montrés les plus favorables, le sulfate de Zn le moins. A concentration élevée, tous les agents ont une action inhibitrice. — M. **K. H. Berg** : *Un hybride à quatre gènes spécifiques haploïdes complets*. L'auteur a croisé l'*Aegilotricum* II (hybride d'*Aegilops ovata*, $n = 14$, et de *Triticum durum Arraseita*, $n = 14$) avec le *Triticum turgidovillosum* (hybride de *Triticum turgidum*, $n = 14$, et de *Triticum villosum*, $n = 7$), et a obtenu un nouvel hybride dont chaque noyau somatique possède 49 chromosomes, appartenant à quatre espèces différentes. C'est un hybride heptaploïde ($7\ n$). — MM. **H. Rebel** et **H. Zerny** : *La faune de Lépidoptères de l'Albanie*. L'Albanie possède une faune de Lépidoptères qui se compose en parties presque égales d'une part d'espèces de l'Europe moyenne et des Alpes, d'autre part d'espèces orientales et méditer-

ranéennes. L'Albanie est la dernière étape des espèces orientales caractéristiques dans leur propagation occidentale. — MM. **H. Przibram** et **F. Friza** : *La régénération des antennes et des pattes chez les Phasmides.* I-VI. Les auteurs ont étudié la régénération après amputation des antennes et des pattes chez une série de Phasmides : *Eurycnema, Phyllium, Bacillus, Leptynia, Diapheromera, Dixippus.* Ils ont reconnu que, contrairement à l'assertion de Borchardt, l'organe de Johnston, dont ils ont constaté la position identique (au bord interne du pédicelle) chez toutes les espèces, n'intervient pas uniformément dans la régénération, car ces espèces réagissent différemment à l'amputation. — M. **P. M. Suster** : *La régénération de l'antenne avec l'organe de Johnston chez l'*Oryctes nasicornis. L'auteur montre que l'organe de Johnston chez les larves des Insectes holométaboles se forme chez l'imago, mais que celui-ci n'a aucune influence formative sur la régénération de l'antenne chez l'imago. — M. **P. M. Suster** : *L'hérédité de la nutrition forcée chez la* Drosophila repleta. L'auteur a nourri des Drosophiles pendant une série de générations sur des carottes uniquement, puis leur a donné ensuite le choix comme nourriture entre des carottes et un mélange de levure et de sucre. Les mouches ont alors pondu deux fois plus d'œufs sur le premier milieu que sur le second. Dans un autre élevage, la proportion a été de 4 à 1. — M. **K. Trinczer** : *Le rôle de la température et de l'humidité dans le changement de coloration des grenouilles* Rana esculenta, R. fusca *et* Hyla arborea. D'après les expériences de l'auteur, l'influence de ces deux facteurs est à peu près nulle. — M. **E. Murr** : *Raccourcissement expérimental de la durée de la gestation par la chaleur chez le furet* (Putorius furo *L.*) L'auteur a reconnu que la durée de la gestation du furet par 20° de température extérieure est de 41 jours 12 heures ; à 35°, elle n'est plus que 39 jours 10 heures. La diminution sur la durée normale est donc d'environ 5 %, tandis que chez les animaux de contrôle l'écart correspondant ne dépasse pas 0,5 %. — M. **E. Murr** : *Allure de la chaleur corporelle des Mammifères* (Putorius furo) *pendant la gestation à diverses températures extérieures.* Dans la première moitié de la gestation, la température rectale a été trouvée, suivant les animaux, de 0°,2 à 0°,8 plus élevée que dans la seconde. La température du corps est supérieure à la normale (de 0°,25 à 0°,41) dans la première moitié de la gestation et inférieure (de 0°,11 à 0°,41) pendant la seconde. — M. **H. Burchardt** : *La régulation de l'activité sécrétoire des vésicules séminales.* Le développement des cellules épithéliales de la muqueuse séminale est une fonction de l'hormone testiculaire. L'activité sécrétoire interne régulière déclanche un facteur régulateur, qui est constitué par la pression de la sécrétion refoulée. Lorsque la vésicule séminale a atteint un certain remplissage, cette pression agit d'une façon inhibitrice ; il y a régression de la muqueuse et diminution de la hauteur épithéliale. La muqueuse passe à l'état de repos. Lorsque par copulation la vésicule séminale se vide, la pression inhibitrice disparaît, la muqueuse se développe de nouveau et son activité sécrétoire reprend. C'est sur ce mécanisme que repose la régulation automatique de la fonction des vésicules séminales. Les recherches de l'auteur ont porté sur le rat. — MM. **P. Krüger** et **F. Fürlinger** : *Histologie et chimisme du muscle tétanique et tonique.* Les auteurs ont reconnu que le muscle tétanique contient plus de phosphate total, de phosphate directement déterminable et d'acide créatine-phosphorique que le muscle tonique, mais par contre moins d'acide phosphorique inorganique et de pyrophosphate. Dans les muscles très fatigués (long emprisonnement, faim), le rapport se déplace en faveur du muscle tonique pour le phosphate directement déterminable. — M. **A. Jellinek** : *Essais de dressage sur des singes genre macaque.* I. *Distinction des objets d'après leur couleur.* Les expériences ont été faites avec des singes appartenant aux espèces *Cercopithecus javanus, Macacus rhesus* et *Cercopithecus fuliginosus*. On leur présente deux boîtes en carton avec marques colorées différentes ; lorsqu'ils touchent la boîte pour laquelle on veut les dresser, ils reçoivent du sucre comme récompense, dans l'autre cas rien. Dans le plus grand nombre de cas, les singes ont choisi la couleur en vue de laquelle ils ont été dressés, quelle que soit sa clarté et son degré de saturation. II. *Distinction optique d'objets analogues d'après leur nombre.* Ici on présente aux singes deux boîtes grillagées cubiques renfermant l'une un seul, l'autre deux morceaux de sucre, et on donne du sucre à ceux qui choisissent la boîte à un seul morceau. Ils finissent par s'habituer à choisir la première boîte, ce qui prouve leur capacité de distinguer des objets par leur nombre. — MM. **P. Schebesta** et **V. Lebzelter** : *Contribution à l'anthropologie des pygmées du Congo belge.* Non moins de 550 pygmées ont été étudiés anthropologiquement au cours d'un voyage d'étude. Ils peuvent être divisés en différents groupes dont la pureté de race est plus ou moins marquée : Efé, Bambuti, Bakango, Aka, Bacwa et Batwa du Ruanda.

L. B.

Le Gérant : Gaston Doin.

Sté Gle d'Imp. et d'Edit., 1, rue de la Bertauche, Sens. — 3-32.